Quellenkunde.

Lehre von der Bildung und vom Vorkommen der Quellen und des Grundwassers.

Von

Hippolyt J. Haas,
Dr. phil. und Professor an der Universität Kiel.

Mit 45 in den Text gedruckten Abbildungen.

Leipzig
Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber
1895.

109

Quellenkunde.

Quellenkunde.

Lehre von der Bildung und vom Vorkommen der Quellen
und des Grundwassers.

Von

Hippolyt J. Haas,
Dr. phil. und Professor an der Universität Kiel.

Mit 45 in den Text gedruckten Abbildungen.

Leipzig
Verlagsbuchhandlung von J. J. Weber
1895.

Vorwort.

Die vor einigen Jahren von Seiten der Verlagshandlung an mich ergangene Anfrage, ob ich bereit wäre, die Quellenkunde des Abbé Paramelle zwecks Veranstaltung einer neuen Auflage dieses Buches zeitgemäß umzuarbeiten, glaubte ich mit dem Vorschlage beantworten zu müssen, lieber davon absehen zu wollen und mich mit der Abfassung eines vollständig neuen und dem heutigen Stande der Wissenschaft entsprechenden Buches zu betrauen. Der Bereitwilligkeit, womit die Verlagshandlung auf dieses Anerbieten eingegangen ist, verdankt die vorliegende „Quellenkunde" ihre Entstehung.

Die wichtige Rolle, welche dem Wasser im Haushalt der Natur in der Gestalt des Quell- und des Grundwassers zukommt, die hohe Bedeutung, welche diese letzteren für den Menschen ohnehin noch in hygienischer, technischer und teilweise auch in therapeutischer Hinsicht besitzen, mögen die Herausgabe eines zusammenfassenden Werkes, wie dieses hier, wohl durchaus berechtigt erscheinen lassen. Dies dürfte noch um so mehr darum der Fall sein, weil seit der vor nunmehr vierzehn Jahren erschienenen Hydrophysik von Lersch ein ähnliche Zwecke verfolgendes Buch nicht mehr gedruckt wurde. Ein den neueren wissenschaftlichen Forschungen angepaßtes

Werk über die Quellen und das Grundwasser hat demnach bisher gefehlt.

Diese Lücke in der Litteratur habe ich nun auszufüllen versucht, indem ich mir aber dabei wohl bewußt bin, dies nicht in erschöpfender Weise gethan zu haben. Eine derartige Behandlung meines Themas im eng begrenzten Rahmen wird auch wohl Niemand billigerweise von mir erwarten. Was ich geben wollte, das ist eine allgemeinere Darstellung der wichtigsten auf die Entstehung der Quellen und des Grundwassers bezüglichen Dinge im Lichte der neuesten Untersuchungen hierüber und unter gleichzeitiger Citierung der einschlägigen Litteratur. Damit soll ein jeder meiner Leser in den Stand gesetzt sein, sich über diesen oder jenen ihn besonders interessierenden Punkt noch genauer zu unterrichten, wenn er will. Zu großem Danke bin ich dem französischen Meister Daubrée in Paris für die freundliche Erlaubnis verpflichtet, seinem klassischen Werke über die unterirdischen Gewässer eine Reihe von Abbildungen entnehmen zu dürfen.

Bei der Abfassung meiner Quellenkunde hat mich Goethes Wort geleitet: „Wer vieles bringt, wird manchem etwas bringen“. Möchte dieser Satz doch hier auch zur Wahrheit geworden sein!

Hippolyt Haas.

Inhaltsverzeichnis.

Quellenkunde.

Einleitung.

Historisches. Ansichten von Schriftstellern und Naturforschern des Altertums über die Quellen, u. s. f. Hypothesen aus der neueren Zeit über dieses Thema. Mariottes Arbeiten auf dem Gebiete der Quellen und ihrer Bildung. Die von den modernen Naturwissenschaften hierüber festgestellten Thatsachen. J. Murrays Berechnungen von der Größe der atmosphärischen Niederschläge auf den Festländern. Die Verdunstung derselben. Vom Einfluß des Waldes auf die Menge der jährlichen Niederschläge. Beauforts und Müttrichs Untersuchungen über diesen Gegenstand. J. Murrays Arbeiten über das Verhältnis der Niederschläge zur Verdunstung in den 33 bedeutendsten Stromgebieten der Erde. Von den nichtverdunstenden Niederschlägen. Von den an der Erdoberfläche abfließenden und den ins Erdinnere eindringenden und einsickernden Atmosphärilien. Bergfeuchtigkeit. Otto Volgers Ansichten hierüber. Quellen. Von den Temperaturverhältnissen der gewöhnlichen Quellen. Etwas von der Zunahme der Temperatur im Erdinnern. Geothermische Tiefenstufen. Thermen. Die hydrothermische Tiefenstufe in ihrem Verhältnis zur geothermischen. Beobachtungen Stapffs hierüber im Gotthardtunnel. Wasserdurchlässige und wasserundurchlässige Gesteine. Die Einwirkung der Kapillarität auf das hydrostatische Niveau in lockeren Gesteinen. Mineralquellen. Unterirdische Vorräte von Kohlensäure. Grundwasser.

Ansichten und Vermutungen über das in der Gestalt von Quellen an der Erdoberfläche austretende Wasser finden wir in mannigfacher Form schon bei den Schriftstellern des Altertums. So äußert sich Plato in seinem Dialog Phädon dahin, daß alle Ströme unserer Erde zusammenflössen in einer großen Öffnung, welche den Namen Tartarus führe. Sämtliche Gewässer, die an den verschiedensten Stellen des Erdballs als Quellen zu Tage treten, um Bäche, Flüsse und Ströme zu bilden, entströmen demselben seiner Meinung nach, um auf verschiedenen Wegen zum gemeinsamen Ursprungsort zurückzukehren. Anders dachte sein großer Schüler, der Weise von Stagira. Die in den Hohlräumen der Erde herrschende Kälte, so nahm Aristoteles an, verdichte die darin enthaltene Luft, um dieselbe als Wasser niederzuschlagen, welches dann die Quellen und Flüsse speise. So, wie die Dünste, welche durch die Sonne der Erdoberfläche entführt

und in die Lüfte emporgehoben werden, sich wiederum in Feuchtigkeit umwandeln und sich zu Tropfen verdichten, um dann als Regen wieder auf den Erdboden niederzufallen, so werden auch die in den unterirdischen Hohlräumen enthaltenen Lüfte und Dünste durch die Kälte als Flüssigkeit niedergeschlagen, um Wassertropfen hervorzubringen, welche vereinigt weiter fließen und große unterirdische Seen bilden, woraus dann die an der Erdoberfläche fließenden Gewässer entstehen. Eingehender als alle übrigen klassischen Autoren hat Neros Lehrer, der Stoiker Seneca die Frage nach dem Ursprung der Quellen behandelt. Auch er stellt sich wie Aristoteles vor, daß im Erdinnern große, von unbewegter Luft erfüllte Hohlräume vorhanden seien, und daß eben diese Luft durch die in den letzteren herrschende Finsternis und große Kälte zu Wasser umgewandelt würde, dem Ursprung der Quellen. Nach des Seneca Ansicht spielt sich dieser Vorgang auf ganz ähnliche Weise ab, wie an der Erdoberfläche, woselbst aus der an unbewohnten und an feuchten Orten vorhandenen Luft Wasser entstehen könne. Der genannte Philosoph hat übrigens noch weiter die Ansicht geäußert, daß unter bestimmten Umständen gewisse feste Teile unserer Erde sich zu Wasser umwandeln müssen, auch angenommen, daß die unterirdischen Wasserbehälter teilweise auch durch den Zufluß von dem Meere her gespeist würden [1]). Der römische Dichter Lucretius Carus [2]) hat sogar eine förmliche auf diesem letzteren Gedanken basierende Theorie aufgestellt, wonach ein förmlicher Kreislauf zwischen Meer und Quellwasser bestehen sollte. Sonderbarer Weise tritt dagegen der ältere Plinius an die Frage, wie das dem Erdboden entströmende Wasser in denselben hineingelange, gar nicht heran, ist aber bemüht, diejenigen Ursachen festzustellen, wodurch dieses bisweilen bis auf die Bergesgipfel hinaufgetrieben werde. In den Winden, welche das Wasser nach oben treiben, und in der Schwere der Erde, welche darauf drückend das feuchte Element zum Steigen bringe, glaubt der römische Naturforscher dieselben gefunden zu haben, eine Meinung, welcher sich auch Thales von Milet angeschlossen hat.

Bis in die Neuzeit hinein haben sich diese aus dem Altertum überkommenen Ansichten und Hypothesen erhalten, wenigstens der

---

[1]) Die geologischen Anschauungen des Philosophen Seneca, von Dr. Nehring. In: Schulnachrichten des Gymnasiums zu Wolfenbüttel, 1873 u. 1876.

[2]) In seinem Lehrgedicht „De rerum natura“, lib. VI, V. 633 ff. Seine Ansicht war übrigens unabhängig von derjenigen Senecas, zumal Lucretius schon 55 v. Chr. starb.

Hauptsache nach. D'Obreszenski von Negroponte legte noch in einer Anno 1657 zu Ferrara erschienenen Abhandlung dar, wie dem Zuwasserwerden der Luft und den Meeresströmungen der Hauptanteil an der Quellenbildung zufalle, wenn auch dieser Autor noch daneben einen anderen Faktor mitwirken läßt. Er erläutert uns nämlich, daß die großen beständig durch geräumige Höhlen verschlungenen Wassermassen, wie diejenigen der Scylla und der Charybdis nicht unnützer Weise in den Erdboden eindrängen, sondern an anderen Stellen der Erdoberfläche in der Gestalt von Quellen wieder erschienen. Nach d'Obreszenski haben alle Quellen einen leisen Salzgeschmack, welcher mit der größeren Nähe des Meeres immer mehr zunimmt.

Zu den originellsten Ideen jedoch, die jemals über den Ursprung der Quellen geäußert wurden, gehören diejenigen von Johann Baptist Helmont, einem belgischen, von seinen Zeitgenossen hoch angesehenen Arzte, der von 1577—1644 zu Brüssel gelebt hat. Der Kern der Erde besteht nach ihm aus einem reinen, in allen seinen Teilen von einer unerschöpflichen Wassermenge durchdrungenen Sande, der wiederum von einer einfachen Rinde von Erde, Gesteinen und gewissen Sandlagern, deren einige sogar bis an die Oberfläche unseres Planeten reichen, umhüllt ist. Dieser Sand ist nun sozusagen die Filtriermaschine, wodurch die Natur die nie versiegenden Schätze ihrer klaren Bäche zum Nutzen des Erdkörpers rinnen läßt; derselbe besitzt eine treibende, eine belebende Kraft, die Erzeugerin einer allgemeinen Bewegung des im Sande enthaltenen Wassers, und diese Bewegung muß stattfinden ohne Rücksicht auf höhere oder tiefere Lage, so daß das Wasser nach allen Seiten des Sandes hinzuströmen gezwungen wird. Sämtlichen Teilen des Sandes wohnt diese belebende und treibende Kraft inne, sogar denjenigen, welche bis an die Erdoberfläche reichen und sich bis zu den Bergspitzen erheben. Daher werden überall fließende Wasser hervorgebracht, worauf die Hitze der Sommerzeit ohne jeden Einfluß bleibt. Aber sobald die Wasser oben den Sand verlassen haben, so kann sich der Impuls der besagten Kraft bei ihnen nicht mehr geltend machen, und sie sind gezwungen, gemäß den Gesetzen der Schwerkraft den niedrigsten Stellen der Erdoberfläche zuzufließen, bis das Meer sie aufnimmt. So rinnt auch das Blut im menschlichen Körper nach allen Richtungen ohne jede Rücksicht auf oben und unten; verläßt es aber den Körper, so unterliegt es den Gesetzen der Schwere. Ohne Unterlaß dringt das Meerwasser ein

in den Boden seines Untergrundes, um zu dem reinen Sande zu gelangen und dort das abfließende Wasser zu ersetzen.

Die Ansicht von dem auf das Meer zurückzuführenden Ursprung der Quellen, Bäche, Flüsse und Ströme, indem dieselben vermittelst verschiedener Kanäle und Adern dem Ozean ihr Wasser entnähmen, ist in den damaligen Zeiten überhaupt eine sehr verbreitete gewesen. Unter anderen Gelehrten jener Tage haben sich auch der englische Akademiker Thomas Lydiatus[1]) und der Verfasser eines damals hochgeschätzten Werkes: „Die Herrschaft der Welt", Peter Davity[2]) dazu bekannt. Der Erstgenannte der beiden hat noch ferner behauptet, daß ähnlich wie die Sonnenwärme das Meerwasser verflüchtige und die hierdurch entstandenen Dünste und Dämpfe bis zu den mittleren Luftregionen emporhebe, so bewirke auch die Erdwärme, daß das in der Erde befindliche Wasser in Dunstform hinaufsteige bis auf die Bergesgipfel, um dort Bäche und Ströme zu bilden. Peter Davity gelangte zu der Überzeugung, daß die Quellen ihren Ursprung vom Meere herleiteten, zumal er es für gänzlich unmöglich hielt, daß der Ozean so viel Wasser aufnehmen könne, wie demselben durch die Ströme zugeführt würde, ohne überfließen zu müssen. Auch glaubt er nicht an eine durch die Sonnenwärme oder die Luftströmungen diesem Zufluß entsprechende Verdunstung des Meerwassers. Die Erde ist rund, so war seine Ansicht, und von Kanälen und Öffnungen durchsetzt, in welche das Meer das Wasser vermittelst seiner großen Schwere hineindrückt und es auf solche Weise bis zu den Bergeshöhen hinaufpreßt. Daneben teilt aber Davity noch die Meinung des Stagiriten, indem er auch noch von der Möglichkeit redet, daß die im Erdinnern eingeschlossenen Dünste sich in den daselbst befindlichen Hohlräumen verdichten und zu Wasser umsetzen könnten, um dann durch den Umstand, daß sie sich mit dem eingesogenen Meerwasser vereinigten, zur reichlicheren Speisung der Quellen beizutragen.

Einer der bedeutendsten Naturforscher und der nüchternste Physiker des 17. Jahrhunderts, der Jesuitenpater Athanasius Kircher spricht sich in seinem großen und an geistvollen Beobachtungen sehr reichen Buche: „Mundus subterraneus" lang und breit über den Ursprung der Quellen, der fließenden und stehenden Gewässer auf unserer Erde, u. s. f. aus. Von einem Centralfeuer,

---

[1]) Siehe Johnstoni Thaumatographia naturalis, 1633.

[2]) L'empire du Monde, 1635.

einem großen Pyrophylacium wird der Mittelpunkt unseres Planeten eingenommen, und dieses Pyrophylacium steht wiederum in Verbindung mit innerhalb der Erdfeste zerstreuten kleineren Pyrophylacien, deren feurig-flüssiges Material sich teilweise durch die Schlote der Vulkane über die Erdoberfläche ergießt. Zwischen den Pyrophylacien liegen die mit Wasser gefüllten Hohlräume, die Hydrophylacien, denen das flüssige Element aus dem Meere zufließt, und die wiederum mittels verschiedener Kräfte dieses letztere als Quellen, Bäche und Flüsse zurücksenden an die Erdoberfläche. Die umstehende, S. 8 u. 9, dem „Mundus subterraneus“ entnommene Fig. 1 erläutert die Art und Weise, auf welche Kircher sich den Kreislauf des Wassers darstellte. Daß aber auch die atmosphärischen Niederschläge in Betracht kämen bei der Speisung der Quellen, indem Regen und Schnee in den porösen Erdboden eindrängen und durch die Spalten und Fugen der Gesteine bis zu den Hydrophylacien ihren Weg zu finden suchten, das führt der gelehrte Jesuit noch weiter aus. Besonders das plötzliche Anschwellen der Wasserläufe nach starken Regenfällen, resp. in den Zeiten der Schneeschmelze sei auf diesen Umstand zurückzuführen, indem die Hydrophylacien dadurch überfüllt und dann größere Wassermengen an die Erdoberfläche emporgepreßt würden.

In seinen „Principia philosophiae“ kommt Descartes zu dem Schluß, daß die Quellen dem Meere entstammen müßten, dessen Wasser durch unterirdische Kanäle bis unter die Gebirge gelange. Von hier treibe die Erdwärme dasselbe in Dunstform bis zu den Bergeshöhen empor und versorge damit die fließenden Gewässer. Die Beweise, welche der französische Philosoph für seine Behauptungen erbringt, sind aber nicht viel andere, als die von seinen teilweise schon genannten Zeitgenossen gegebenen. Der Wahrheit viel näher, als die vorerwähnten Männer alle war schon in der zweiten Hälfte des 16. Jahrhunderts der Kunsttöpfer Bernhard Palissy gekommen, der in seinem: „De la nature des eaux et fontaines“ [1]) betitelten Buche bereits erkannt hatte, daß das Vorhandensein der Quellen auf dem Aufgesaugtwerden des Regen- und Schneewassers durch das feste Erdreich beruhe. Solange sickere das Wasser durch letzteres hindurch, bis es eine wasserundurchlässige Gesteins- oder Thonschicht finde, welche es am ferneren Eindringen hindere und es zwinge, sich wieder einen Ausweg nach außen zu suchen.

[1]) Genauer Titel: Discours admirable de la nature des eaux et fontaines tant naturelles, qu'artificielles, Paris 1580.

Es ist hier nicht der Ort, uns noch weiter auszulassen über die in vergangenen Zeiten geäußerten Ansichten von der Herkunft der Quellen. Mit nur wenigen Ausnahmen fußen dieselben mehr oder weniger auf philosophischen Spekulationen und zum allergeringsten Teil nur auf Beobachtungen in der Natur[1]). Mit dem Hervortreten und Umsichgreifen der Empirie jedoch hat auch hierin ein großer Wechsel stattgefunden. Die verschiedenen Naturwissenschaften, als die Physik, die Chemie, die Geologie, die Mineralogie, die Botanik, u. s. f. haben sich hierbei die Hand gereicht, um mit vereinten Kräften Klarheit in diese Fragen zu bringen. So steht denn heute fest, daß, wie Heim treffend bemerkt hat, dank der Allmutter Sonne, auf welche die gewaltigen Bewegungen der Atmosphäre und

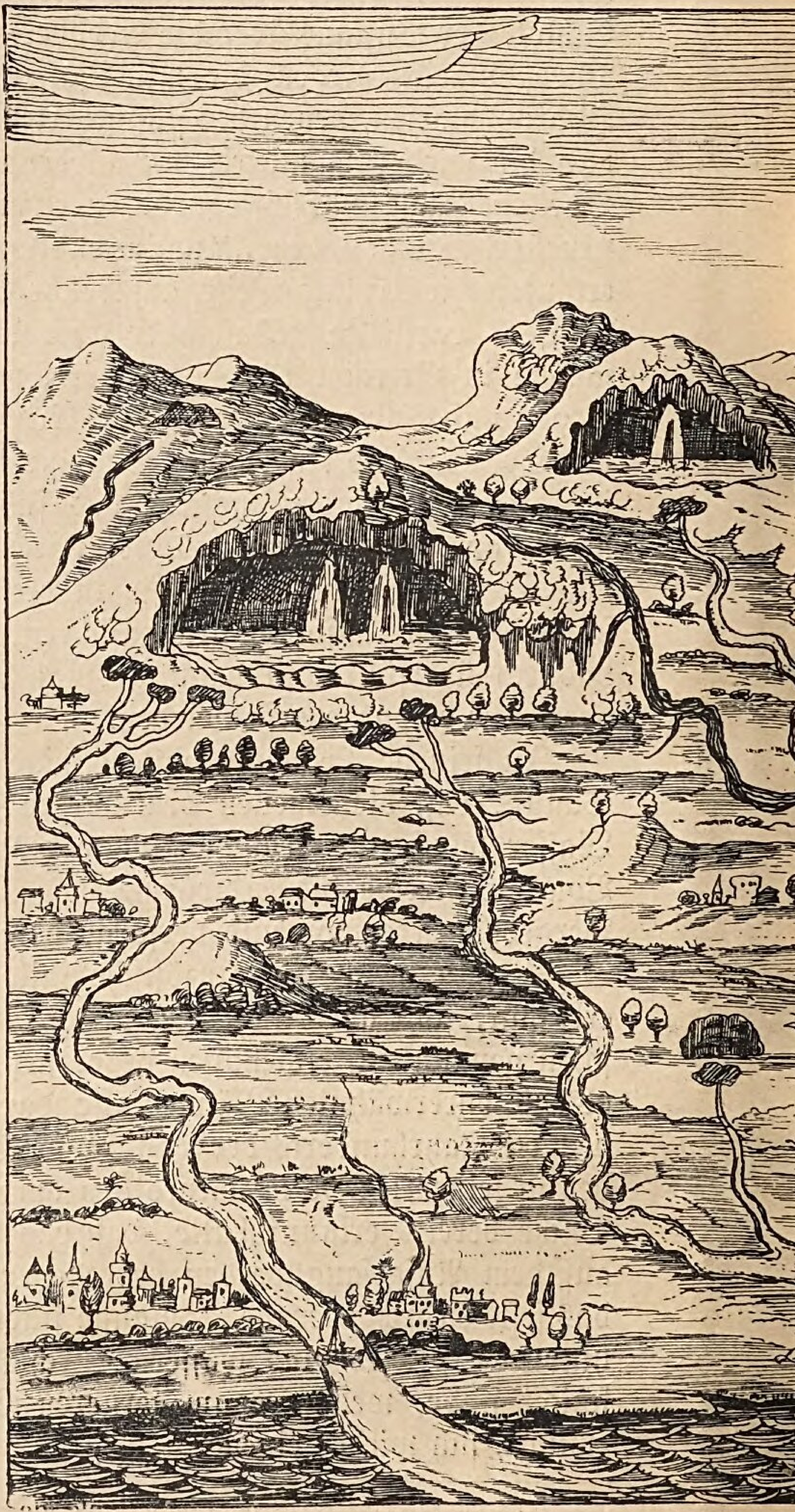
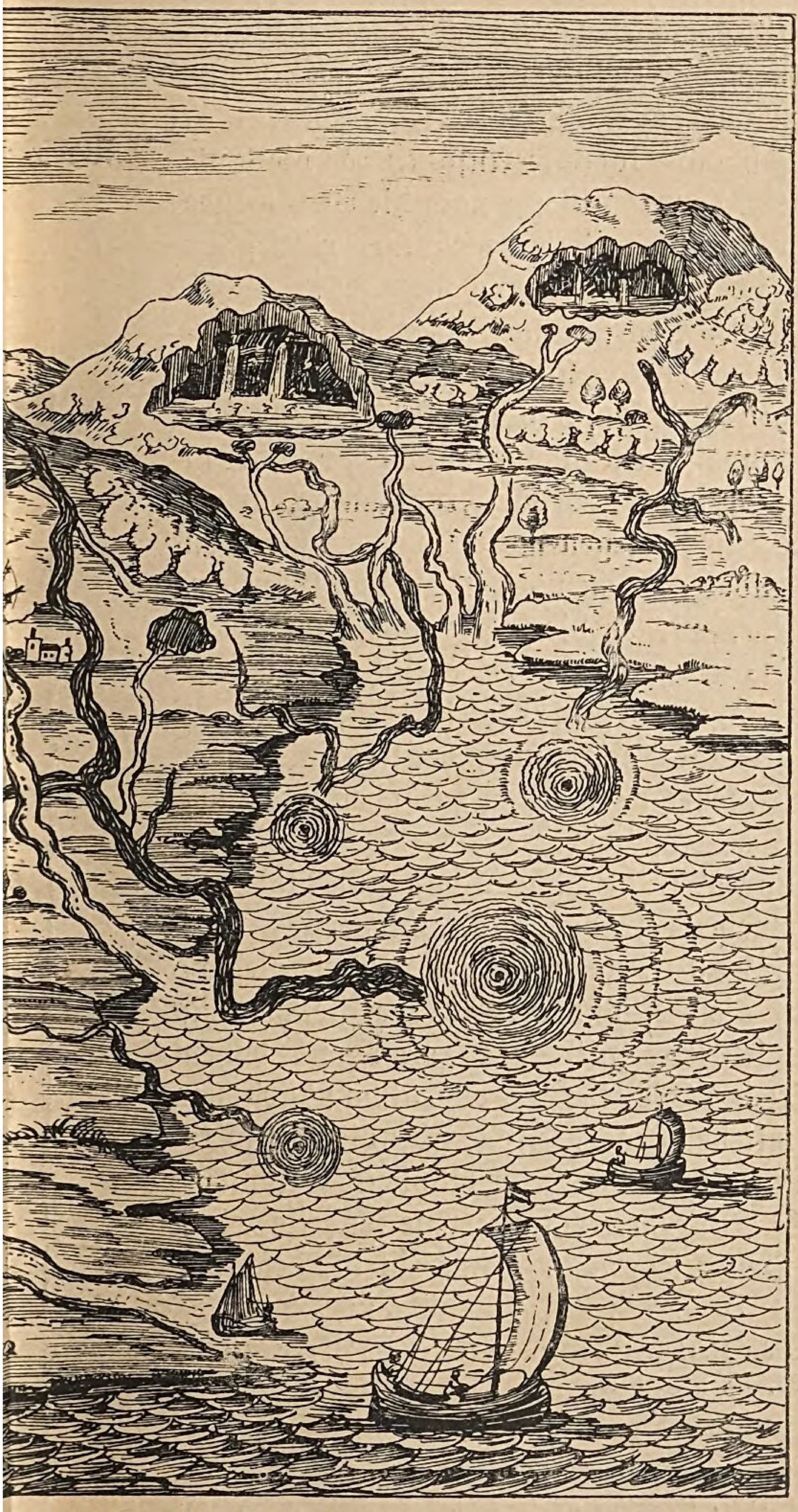


Fig. 1. Die Entstehung der Quellen. (Nach den von A. Ki

[1]) Weitere wichtigere Autoren aus jenen Tagen sind:

Waldschmidt: De vera origine fontium dulc. et sals., Marburg 1686; R. Plot: De origine font., Oxonii 1696; Bartholin: De fontium et fluminum origine ex pluviis, in: Spec. philos. nat , Cop. 1701; Kuhn: Vernünftige Gedanken von dem Ursprung der Quellen, 1746; Bélidor: Architecture hydraulique, Paris 1737.

des Wassers, wie die Lebensäußerungen der Pflanzen und Tiere auf der Erde zurückgeführt werden müssen, der Kreislauf des Wassers vor sich geht. Über 1000 geographische Kubikmeilen Wasser hebt die Sonnenwärme jährlich in die Höhe, die wiederum zur Erde niedergehen als Thau, Regen, Schnee, Reif, Hagel, u. s. f. Es ist ein ewiger Wechsel, dem das Wasser auf unserem Planeten unterworfen ist.



…cher in seinem Mundus subterraneus vertretenen Ansichten.)

Vom Himmel kommt es,
Zum Himmel steigt es,
Und wieder nieder
Zur Erde muß es,
Ewig wechselnd. (Goethe.)

Dem Prior von St. Martin-sous-Beaune im Burgunderlande, dem jedem Gebildeten wegen des seinen Namen tragenden Gesetzes vom Luftdruck wohlbekannten berühmten Physiker Mariotte verdanken wir zuerst den durch eine Reihe von Experimenten gestützten Nachweis, daß es die atmosphärischen Niederschläge sind, welche, durch Fugen, Risse und Spalten in den Erdboden eindringend, das zur Speisung der Quellen notwendige Wasser ergeben. Dieses letztere bildet im Erd-

innern kleine Behälter und bahnt sich schließlich den Weg zum Freien, sobald sich seinem weiteren Eindringen in die Tiefen des Planeten Hindernisse entgegenstellen, u. z. auf demjenigen Wege, auf welchem es den geringsten Widerstand antrifft[1]). Wir wollen bemerken, daß schon 1300 Jahre vor Mariotte ein gelehrter Römer, Marcus Pollio Vitruvius, der Verfasser eines, wie Günther[2]) betont, freilich nur mehr in engeren Fachkreisen gelesenen Werkes: „De architectura libri X", eine im wesentlichen ganz korrekte Ansicht über die Entstehung der Quellen äußerte[3]), der Hauptsache nach dieselbe, welche Mariotte begründet und auch Palissy, wenn auch mehr theoretisch schon aufgestellt hat. Übrigens ist ein Zeitgenosse des französischen Priors, J. Vossius,[4]) bei seinen Erörterungen über das Quellenphänomen zur Aufstellung des Satzes gelangt: Omnia flumina ex collectione aquae pluvialis oriri", daß also alle fließenden Gewässer aus Ansammlungen von Regenwasser entstammen, und hat nachher in folge dieses gut verteidigten Axioms noch die Frage aufgeworfen, woher es denn käme, daß in den Gebirgen mehr Quellen zu finden seien, als auf dem flachen Lande? „Man möchte", so sagt Günther, „fast im Zweifel darüber sein, ob, da die betreffende Schrift des französischen Physikers erst 1686 herauskam, Mariottes Quellentheorie nicht füglich die des Vossius heißen[5]) sollte".

Das Verdienst, eine allgemeine Anerkennung der Mariotteschen, d. h. der meteorischen Quellenlehre durchgesetzt zu haben, gebührt ebenfalls einem Franzosen, De la Métherie[6]).

Neuerdings hat J. Murray[7]) berechnet, daß auf die etwa 145 Millionen Quadratkilometer betragende Gesamtoberfläche der Kontinente jährlich etwa 122500 Kubikkilometer Wasser niedergehen, welche, falls sie auf die Festländer der Erde gleichmäßig verteilt sein würden, diese letzteren mit einer 0.844 Meter hohen Wasserschicht bedecken müßten. Die Menge der atmosphärischen Niederschläge nimmt aber mit der geogr. Breite ab; dieselbe wird also am Äquator größer sein, als an den beiden Polen. Die nachfolgende der Abhandlung J. Murrays entnommene Tabelle zeigt, wie die Menge der erwähnten Niederschläge sich auf die besagten

---

1) Siehe diesbez. in: Oeuvres de Mariotte, Leide, 1717, tome II, pag. 333 ff.
2) Lehrbuch der Geophysik, 1885, II, pag. 579.
3) Lib. VIII, cap. I.
4) Günther, loc. cit.
5) De Nili et aliorum fluminum origine, Hagae Comitum 1656, pag. 15.
6) Théorie de la Terre, Paris 1797, tome II, pag. 259 ff.
7) Scottish Geol. Magazine, 1887.

145 Millionen Quadratkilometer verteilt. Es mag dazu noch bemerkt werden, daß etwa zwei Dritteile der jährlich niederfallenden Regenmenge allein denjenigen Arealen unseres Erdkörpers zukommen, welche zwischen dem 30. Gr. nördl. Br. und dem 30. Gr. südl. Br. belegen sind.

Höhe der jährlichen Regenmenge.	Oberfläche der betr. Areale, in Quadratkilometern.	Anteil in Prozenten an der Gesamtoberfläche der Kontinente.	Jährliche Regenmenge, in Kubikkilometern.	Anteil in Prozenten an der Gesamtmenge.
Weniger als 0.254 m	31 500 000	21.7	4000	3.1
Von 0.254 m ... 0.640 m	44 500 000	30.7	20 500	16.7
„ 0.640 m ... 1.275 m	36 200 000	24.9	33 400	27.1
„ 1.275 m ... 1.910 m	23 400 000	16.2	37 500	31.0
Über 1.910 m	9 400 000	6.5	27 100	22.1
	145 000 000	100.0	122 500	100.0

Der Atmosphäre wird durch die Verdunstung ein großer Teil des Wassers wiedergegeben, das ihr die Niederschläge entzogen haben. Es sind besonders zwei Faktoren, welche den Vorgang der Verdunstung bedingen, einmal die Temperatur, sodann die Bodenverhältnisse. Die Intensität der Verdunstung wird naturgemäß am Äquator eine größere sein müssen, als in höheren Breiten, und in den heißen Jahreszeiten wird mehr Feuchtigkeit verdunsten, als in den kalten. Im Sommer macht sich bisweilen die Verdunstung so sehr geltend, daß man für die Gegenden der gemäßigten Zone den Satz aufstellen kann: die Sommerregen sind fast ohne jede Einwirkung auf das Anschwellen der fließenden Gewässer. Von nicht zu unterschätzendem Einfluß auf die Verringerung der Verdunstung sind die Wälder und die Wiesengelände, denn die niederfallenden Regentropfen fließen an den Blättern und Zweigen der Bäume oder auch an den Grashalmen herab, um so an Stellen zu gelangen, woselbst sie vor der Einwirkung der Sonnenstrahlen geschützt sind. Es wird daher in solchen Wald- und Wiesenarealen die Verdunstung jährlich eine geringere sein, und es wird in diesen Gebieten eine größere Menge atmosphärischer Niederschläge dem Erdboden erhalten bleiben müssen. Ob bewaldete Gegenden nicht auch einen direkten Einfluß auf die jährliche Niederschlagsmenge besitzen, oder ob nicht, das ist eine Frage, der wir hier nicht näher treten wollen, wenn dieselbe auch von eminenter Bedeutung für die Menschheit ist.

Dieselbe gehört jedoch in ein anderes Gebiet, als in dasjenige der Quellenkunde. Nur kurz erwähnen möchten wir an dieser Stelle, daß der Engländer Beaufort[1]) schon im Jahre 1887 in den südlichen Centralprovinzen Indiens, woselbst von 1875 ein Areal von etwa 61000 engl. Quadratmeilen entwaldet, nach dieser Zeit aber wieder aufgeforstet worden war, die Regenverhältnisse sowohl während der Entwaldungsperiode, als auch nach derselben beobachten konnte. Der Genannte war im stande, festzustellen, daß von 1875 bis 1885, also in den Jahren der Wiederaufforstung der Regenfall auf allen 14 beobachtenden meteorologischen Stationen mit einer einzigen Ausnahme größer war, als in den Jahren der Entwaldung, 1867—1875. Die durchschnittliche Zunahme der Niederschläge betrug 173 mm pro Jahr, und es zeigte sich noch ferner, daß seit 1875 in der Waldregion eine fortschreitende Zunahme des Regenfalls vorhanden gewesen ist, während sich derselbe für das ganze indische Land sonst konstant hielt. Ähnliche Untersuchungen in der nordamerikanischen Union und auf algerischem Boden haben dagegen wiederum das Resultat ergeben, daß Abholzung und Neubewaldung auf die Niederschlagsmengen keinen merklichen Einfluß hatten. Andere Resultate jedoch zeigten die Beobachtungen, welche Müttrich[2]) in den jüngstverflossenen Jahren in einem deutschen Gebiete, u. z. in der Lüneburger Heide angestellt und veröffentlicht hat, woselbst seit dem Jahre 1877 über 3500 Hektar kahlen Bodens wieder aufgeforstet wurden. Während beispielsweise auf der Station Lintzel, dem Beobachtungsorte, im Jahre 1882 der jährliche Niederschlag nur 96.3 % der in Gardelegen niederfallenden Menge betrug, erhöhte sich derselbe Jahr für Jahr zusehends und war im Jahre 1888 auf 106.8 % gestiegen. Der Einfluß der Bewaldung auf die Quantität der Niederschläge war am größten im Sommer und im Herbst, kleiner im Frühjahr, gleich 0 im Winter. Die Arbeit Müttrichs dürfte bestätigen, daß auch in unseren Breiten ähnliche Verhältnisse bestehen, wie sie von Beaufort für Indien nachgewiesen werden konnten, und daß daher ein Einfluß der Bewaldung auf die Niederschläge nicht nur in heißen Ländern, wie z. B. Indien, sondern auch in solchen, die ein gemäßigtes Klima besitzen, wie unsere Heimat, derartig vorhanden ist, daß mit zunehmender Bewaldung die Menge der Niederschläge ebenfalls zunimmt.

---

[1]) Cf. Naturwiss. Rundschau, 1892, pag. 292.

[2]) Der Einfluß des Waldes auf die Größe der atmosphärischen Niederschläge. In: Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, 1892, pag. 27 ff.

Kehren wir zur Verdunstung zurück! Man kann ohne Übertreibung behaupten, daß dieselbe, wie schon betont ist, im Großen und Ganzen stets ein bedeutendes Quantum der auf den Erdboden niederfallenden Atmosphärilien absorbiert. Dausse hat berechnet, daß im Seinebecken ungefähr $^2/_3$ der Niederschläge verdunsten, und im Stromgebiete des Mississippi beträgt die Verdunstung etwa 75 %, in demjenigen des Missouri soll dieselbe sogar auf 85 % steigen. Der schon erwähnte J. Murray[1]) hat für die 33 bedeutendsten Stromläufe der Erde eine Tabelle zusammengestellt, woraus ersichtlich ist, wie groß die Wassermengen sind, welche diese letzteren an ihren Mündungen in den Ozean mit sich führen, im Verhältnis zum Gesamtbetrag der auf ihr Stromgebiet fallenden Niederschläge. Da zeigen sich denn sehr verschiedene Werte, indem dieses Verhältnis z. B. für die Rhone durch die Zahlen 1 : 1.6, für den Nil dagegen durch diejenigen 1 : 37 ausgedrückt werden muß. Auf die Stromgebiete der hier in Frage kommenden 33 größten Ströme der Erde, so der Amazonas, der Mississippi, der Kongo, der Nil, die Wolga, die Donau, der Yang-tse-Kiang, u. s. f. würden die schon im Vorhergehenden erwähnten 122500 Kubikkilometer Regen zu verteilen sein, welche auf das 145 Millionen Quadratkilometer große Areal der Festländer im Jahre niederfallen. Die Beobachtungen haben nun ergeben, daß von dieser ungeheuren Wassermasse nur etwa 27200 Kubikkilometer dem Meere zufließen, daß also das Verhältnis dieser letzteren Menge zum Gesamtwerte der kontinentalen Niederschläge ist = 1 : 4.499. Besagte 27200 Kubikkilometer sind nun einer stetigen Hin- und Herwanderung zwischen dem Ozean und den Festländern vermittelst der Atmosphäre unterworfen, und dieselben stellen beiläufig gesagt etwa ein Fünfzigtausendstel der in den Meeren unseres Planeten flutenden Menge des feuchten Elementes dar. Der größere Teil der atmosphärischen Niederschläge jedoch, also 95300 Kubikkilometer ist an die Wechselreise zwischen dem Festland und der Atmosphäre gebannt, wenn wohl auch daran, daß diese Wassermasse ursprünglich ebenfalls dem Weltmeer entstammt, kein Zweifel obwalten dürfte.

Für unsere Auseinandersetzungen und Ausführungen kommen aber nur die zwischen dem Festlande und dem Meere vermittelst der Atmosphäre hin- und herwandernden 27200 Kubikkilometer der feuchten Materie in Betracht, und von diesen nicht einmal der

---

[1]) Scott. Geolog. Magazine, 1889.

Gesamtbetrag, sondern nur ein Teil desselben, denn eine beträchtliche Menge dieser Wassermasse fließt an der Erdoberfläche selbst wieder ab, ohne erst in die Erdfeste einzudringen und später als Quellen wieder zu Tage zu treten. Wenn wir irgend einen bei gewöhnlicher Witterung ganz trockenen Bergabhang während eines starken Regengusses beobachten, so sehen wir, besonders dann, wenn derselbe stark geneigt ist, allenthalben kleine Rinnsale sich bilden, in welchen das vom Himmel niederströmende Wasser abläuft. Diese kleineren Rinnsale vereinigen sich zu größeren, welche dann den Bächen und Flüssen zuzufließen bestrebt sind, und vermittelst welcher die besagten Gewässer auf kürzeren oder längeren Wegen wieder an ihren Ursprungsort, ins Weltmeer gelangen. Wasserläufe, welche nur durch oberflächlich abfließendes Wasser, also nicht durch Quellen gespeist werden, sind selbstverständlich nur während oder nach stärkeren Regenzeiten vorhanden, während sonst ihre Abflußrinnen trocken bleiben müssen. Derartige Erscheinungen sind aber immerhin Seltenheiten im Verhältnis zu den ohne Unterbrechung wasserführenden Bächen und Flüssen, welche von nie versiegenden Quellen versorgt werden. Die Mehrzahl der Wasserläufe auf der Oberfläche unseres Planeten setzt sich zusammen aus beiden der genannten Kategorien, indem solche von Quellen gespeiste Zuflüsse Wassermengen von oberflächlich abfließenden erhalten, was ja auf der Hand liegt, denn diese letzteren sind, wie wir weiter oben sahen bestrebt, sich mit den Bächen und Flüssen zu vereinigen, weil diese ja stets nur an den jeweils tiefliegendsten Stellen des orographischen Reliefs vorhanden sein können. Daß durch den plötzlich starken Zufluß oberflächlich abfließender Gewässer in normalen Zeiten sonst ruhig und still dahineilende Wasserläufe rasch zu verheerenden und verwüstenden Strömen anschwellen müssen, das ist nicht minder klar und verständlich. In den Wassermengen der großen Flüsse, welche in vereisten Hochgebirgen entspringen, oder deren tributpflichtige Wasserläufe aus solchen kommen, mag bei weitem der bedeutendste Teil des abfließenden feuchten Elementes zurückzuführen sein auf den Oberflächenabfluß, und nur der geringere Part auf die Provenienz aus Quellen. Dies gilt besonders für die Zeit der Gletscherschmelze. So beträgt die Wassermenge der Rhone bei ihrem Ausfluß aus dem Genfersee nach Forels Beobachtungen im Januar 183 Kubikmeter pro Sekunde, im Juli dagegen für die gleiche Zeiteinheit 460, und im August sogar 473 Kubikmeter. Während der beiden letztgenannten

Monate findet bekanntlich die größte Ablation des Eises auf den alpinen Gletschern statt, und mit nur wenigen und höchst geringfügigen Ausnahmen sind die Zuflüsse des Lemans dem vereisten Hochgebirge entstammende Wasserläufe. Zur Zeit ihres niedrigsten Wasserstandes führt die Loire bei Orleans 25 Kubikmeter Wasser pro Sekunde mit sich, 132 Kubikmeter in normalen Zeiten und an 10000 Kubikmeter in den Tagen ihres höchsten Wasserstandes. Dies wird erklärlich, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß dieser Fluß von großen und wasserreichen Zuflüssen aus den Höhen- und Gebirgszügen der Auvergne, des Forez, u. s. f. versorgt wird, und daß in den diesen letzteren tributpflichtigen Arealen alle Bodenverhältnisse darnach sind, daß ein mächtiger Oberflächenabfluß der daselbst niedergehenden Niederschläge stattfinden muß[1]).

Derjenige Teil nun der 27200 Kubikkilometer Wasser, welcher nicht an der Oberfläche abfließt, dringt in das Innere des Felsgerüstes unseres Planeten ein[2]), und zwar durch die mannigfachen Spalten und Klüfte, welche dessen Konstituenten, die Gesteine in den verschiedensten Arten und Weisen durchziehen und durchsetzen, oder in diese letzteren selbst, da ja alle deren mineralische Bestandteile von gröberen und feineren Poren und Spältchen bis zu den allerfeinsten und nur bei Anwendung starker Vergrößerungen unter dem Mikroskop sichtbaren durchzogen sind, in welchen das Wasser zirkulieren kann. Selbst das scheinbar trockenste Gestein enthält auf diese Weise ein von seinen Mineralien aufgesogenes Quantum Wasser, und es ist keines auf Erden vorhanden, das absolut undurchlässig dafür wäre. Man nennt diese Eigenschaft die Gebirgs- oder Bergfeuchtigkeit. Schlägt man in einem tiefen Schacht an einer frisch angebrochenen Stelle ein Stück eines Gesteins ab und wägt dasselbe sofort nachher, läßt es dann einige Zeit an der freien Luft liegen und wägt es sodann wieder, so wird sich zwischen dem Resultat der ersten und demjenigen der zweiten Wägung eine Differenz ergeben, welche auf Rechnung des ursprünglich vorhandenen in der Zeit zwischen beiden Wägungen jedoch ver-

---

[1]) Lapparent, Traité de Géologie, I, 1893. (3. Aufl.)

[2]) Nach Delesse würde sich solches Wasser überall innerhalb der Erdfeste finden, woselbst die Temperatur unter 100° C. bleibt, bei der Annahme einer Temperaturerhöhung von 1° auf 33 Meter also bis zu 3300 Meter Tiefe. Die Dampfbildung hängt aber vom Druck ab, der in der Tiefe zunimmt, wonach Soyka berechnet hat, daß, wenn Delesses Ansicht richtig ist, Wasser bis zu einer Tiefe von 18500 Metern in dem Felsgerüst unserer Erde vorhanden sein müßte.

dunsteten Wassergehalts des Gesteinsstücks zu setzen ist[1]). Ein sehr gutes Beispiel für das Vorhandensein der Bergfeuchtigkeit erhält man, wenn man in irgend einem Sandsteinbruch ein Gesteinsstück vom Anstehenden losschlägt, ein etwa gleichgroßes, schon länger geschlagenes von der Halde nimmt und sodann in jeder Hand eines von den geschlagenen Stücken abwägt. Man kann sich dann sofort vergewissern, daß das frisch geschlagene Stück beträchtlich schwerer ist, als das andere. 5 Prozent des sämtlichen auf Erden vorhandenen Wassers sollen nach Delesse an die Erdfeste gebunden sein, ja nach Daubrée[2]) sogar eine Menge, welche sich mit derjenigen des an der Erdoberfläche flutenden feuchten Elements vergleichen ließe, so groß und weit die Meeresbecken auch sein mögen. Stapff[3]) spricht sich dahin aus, daß die Gesteine unseres Planeten derartig hygroskopisch seien, daß die Erdfeste alle Gewässer der Erdoberfläche und der Atmosphäre verschlucken könnte.

Ehe wir weitergehen, mag hier zuerst noch betont werden, daß in neuerer Zeit ein um die Geologie hochverdienter Mann, Dr. Otto Volger[4]) eine Theorie aufgestellt hat, wonach nur verschwindend kleine Mengen Atmosphärilien direkt in den Erdboden eindrängen. Alles Grund- und Quellenwasser entstehe dagegen durch die Verdichtung desjenigen Wassergases, das in der vom Erdboden aufgesaugten Luft enthalten ist. Mohr[5]) hat diese Ansicht weiter zu verfechten gesucht, und von Sonntag und Jarz[6]) sollte dieselbe durch eine Anzahl Versuche über die Infiltrations-

---

[1]) Nach Delesse in: Daubrée, Les eaux sousterraines à l'époque actuelle, I, 1887, enthalten folgende Gesteine auf 100 Gewichtsteile noch bergfeuchter Substanz die nachfolgenden Prozentsätze Wasser:

Weiße Kreide	19.30 20.66
Grobkalk mit MiliolIden (Eocän v. Paris)	23.35
Plastischer Thon von Vaugirard	23.20 19.56
Thon von Meudon (Dach und Liegendes der Mühlsteine)	24.48
Harter Grobkalk (Eocän)	3.02
Gips	1.50
Grobkörniger Granit von Sémur	0.37
Quarz (Gänge in diesem Granit)	0.08

u. s. f.

[2]) Eaux sousterraines, I.

[3]) Neues Jahrbuch für Mineralogie, u. s. f., 1882, I, pag. 100.

[4]) Die wissenschaftliche Lösung der Wasser- insbesondere der Quellenfrage; in: Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure, Bd. 21, pag. 481 ff.

[5]) Dr. O. Volgers neue Theorie des Quellen- und Bodenwassers; in: Gäa, 14. Jahrg., pag. 578 ff.

[6]) Beitrag zu Dr. O. Volgers neuer Quellenlehre; in: Gäa, 16. Jahrg., pag. 320 ff.

fähigkeit gewisser Gesteine, als Sande und Thone gestützt werden. Vor den scharfsinnigen und kritischen Untersuchungen Hanns[1]) und insbesondere Wollnys[2]) hat die Ansicht Volgers jedoch nicht stand halten können und dürfte wohl kaum mehr irgend welche Anhänger finden, wenigstens nicht in ihrem vollen Umfang.

Im Innern der Erde bilden sich somit größere und kleinere Wasseransammlungen oder auch Wasserläufe und Wasseradern, die in sehr verschiedenen Tiefen vorhanden sein können. Jedesmal nun, wenn durch irgend eine Vertiefung, eine Depression im Relief der Erdoberfläche solche unterirdische Wasserreservoire oder Wasserläufe angeschnitten werden, so muß eine Quelle entstehen, und zwar eine absteigende Quelle. Wenn sich einem innerhalb des Felsgerüstes der Erde zirkulierenden Wasserlaufe ein Hindernis irgendwelcher Art entgegenstellt, so eine wasserundurchlässige Schicht, oder dergl. mehr, sodaß dem Wasser ein weiteres Vordringen in die Tiefe versperrt ist und dasselbe auch seitlich nicht ausweichen kann, so wird es durch den Druck seiner bis zur Erdoberfläche reichenden Säule, durch den hydrostatischen Druck, gezwungen werden, wieder nach aufwärts zu dringen. Durch zahlreiche Klüfte und Spalten windet sich die Wassersäule bald auf direktem, bald auf indirektem Wege der Erdoberfläche wieder entgegen, um hier als aufsteigende Quelle wieder zu Tage zu treten. Am Ende des aufsteigenden Teiles ihrer Wassersäule tritt die Quelle dann mit um so größerer Gewalt hervor, je tiefer diese Stelle unter dem Anfangspunkt des absteigenden Teiles der Wassersäule sich befindet (Fig. 2 S. 18). Auch die Spannung von Gasen kann Wasser emportreiben und Quellen bilden (Kap. 8).

Nun wissen wir durch die Erfahrung, daß die Temperatur der gewöhnlichen Quellen der mittleren Jahrestemperatur derjenigen Gegend entspricht, in welcher dieselben zu Tage treten. Natürlich kann diese Thatsache nur für diejenigen Quellen Geltung haben, welche aus so großen Tiefen aufsteigen, daß sich darin die Unterschiede zwischen Sommer- und Wintertemperatur nicht mehr bemerkbar machen können, die also ihren Ursprung unterhalb der invariablen oder neutralen Erdschicht nehmen, in unseren Breiten demnach mindestens in einer Tiefe von 20 Meter. Die Temperatur dieser Quellen nun

[1]) Bemerkungen über die neuen Quellentheorien; in: Gäa, 16. Jahrg., pag. 469 ff. und: Noch einige Worte über die physikalische Unzulässigkeit der Volgerschen Quellentheorie; ibid., 17. Jahrg., pag. 83 ff.

[2]) Forschungen aus dem Gebiet der Agriculturphysik, Bd. II, pag. 51 ff.

ist nur ganz geringen Schwankungen unterworfen, und die Einflüsse der Jahreszeiten auf dieselben sind höchst geringe oder gleich 0. Anders aber verhält sich die Sache bei denjenigen Quellen, welche aus geringeren Tiefen, als die neutrale Erdschicht stammen, oder bei solchen, welche, wie das manchmal der Fall ist, mit Oberflächengewässern, mit sogenannten Tagwassern in Verbindung stehen, und zwar dadurch, daß, wie wir das später noch ausführen wollen, diese letzteren durch sehr wasserdurchlässige Schichten, so z. B. durch Sande hindurchsickern, um anderswo wieder als Quellen aufzutreten. Ähnliche Verhältnisse sind in Gegenden, deren Untergrund aus solchen losen Gesteinsarten aufgebaut ist (Rheinthal

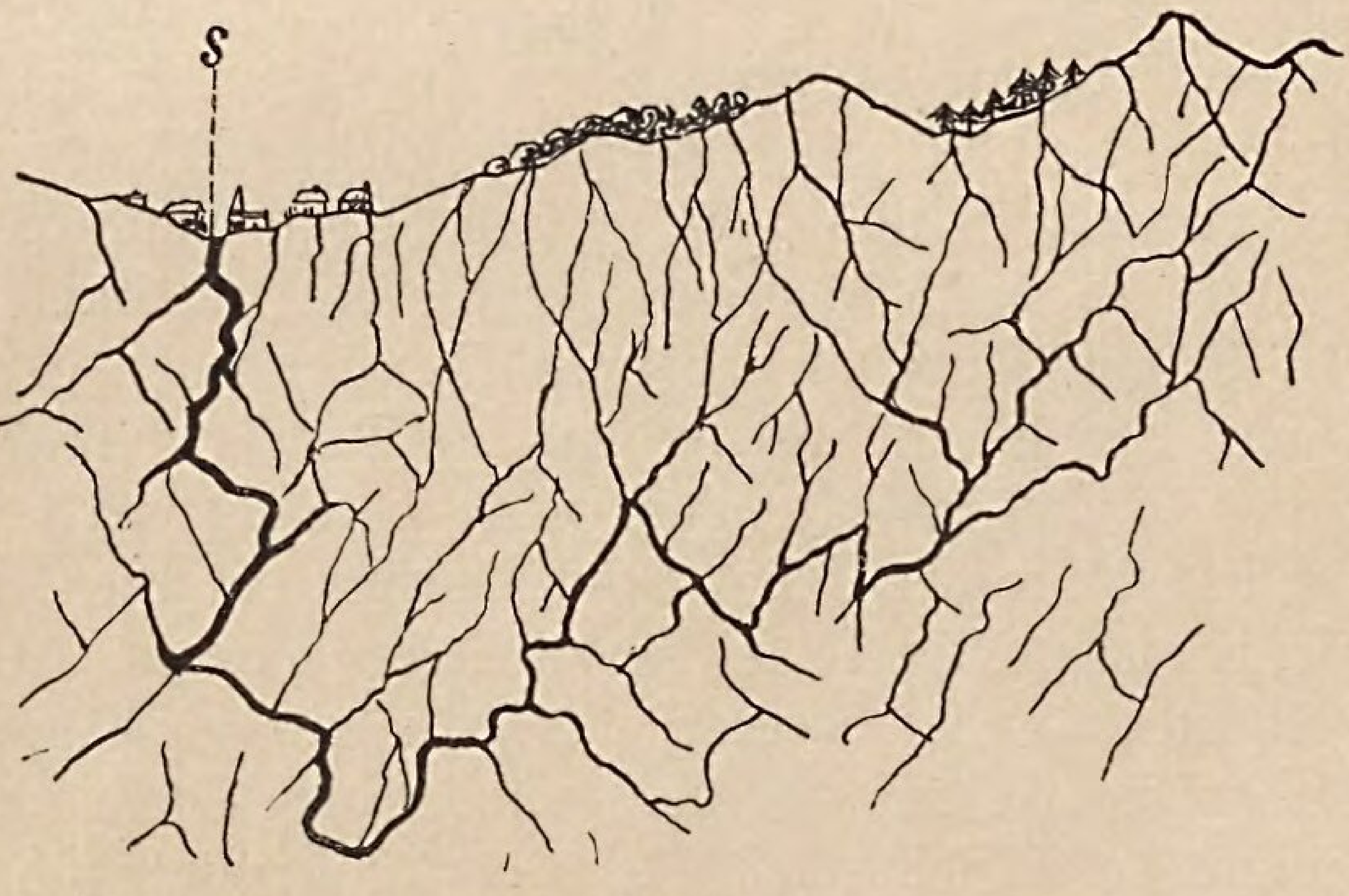


Fig. 2.
s Aufsteigende Quelle.

zwischen Basel und Mainz, norddeutsche Tiefebene), durchaus nicht selten. Bei derartigen Quellen muß die Temperatur des Wassers naturgemäß nach den Jahreszeiten schwanken, und Daubrée hat z. B. an solchen Vorkommnissen im elsässischen Rheinthalgebiete Temperaturschwankungen von 8.5°—12.5°, also von etwa 4° beobachten können.

Haben wir die neutrale Erdschicht durchbohrt und in noch größere Tiefen unseres Planeten hinein Bohrlöcher oder Schächte niedergestoßen, so finden wir, daß, je tiefer wir ins Erdinnere gelangen, um so höher auch die Temperatur steigt. Diejenige Anzahl von Meter, um welche man sich dem Erdmittelpunkte nähern muß, um eine Temperaturerhöhung von 1° zu erhalten, bezeichnet

man als geothermische Tiefenstufe. Uns lehrt die Erfahrung, daß die Größe der geothermischen Tiefenstufe von verschiedenen Umständen abhängig und an den verschiedenen Stellen der Erde nicht immer gleich ist. Sie wird bedingt durch die Natur der das Bohrloch oder den Schacht umgebenden Gesteine, durch die Zirkulation der Gewässer in denselben, durch chemische Vorgänge, welche eben durch diese Zirkulation oder den Zutritt von Luft hervorgerufen werden, durch die Nähe vulkanischer Herde, u. s. f. Ferner ist an einem und demselben Beobachtungsorte der Wert der geothermischen Tiefenstufe für verschiedene Tiefen durchaus nicht derselbe. Als Beispiel dafür führen wir diesen Wert im Alberti-Schachte zu Pzibram in Böhmen vor:

34	Meter
97	„
53	„
172	„
74	„
52.8	„
68.7	„
57.7	„
55.9	„
135.5	„
82.7	„

Einen der höchsten Werte für die geothermische Tiefenstufe zeigt das Bohrloch im Wasserwerk zu Liverpool, und zwar durchschnittlich 71.3 Meter. Die durchschnittlichen Werte für die Bohrlöcher im norddeutschen Flachlande (Lieth in Holstein, Schladebach bei Merseburg, Sennewitz bei Halle, Sperenberg bei Berlin, u. s. f.) sind, wie das ja erwartet werden muß, zumal die geologischen Verhältnisse an diesen Orten ungefähr dieselben sind, ziemlich gleichmäßige und schwanken nur zwischen 36.9 und 32.36. Die geothermische Tiefenstufe betrug im Bohrloch zu Sulz am Neckar, welches die württembergische Regierung in den Jahren 1888 bis 1890 zum Zweck, Steinkohlen zu erbohren, niederbringen ließ, dagegen im Mittelwert nur 24.08 Meter. Eine Gleichförmigkeit in der Zunahme der Temperatur nach dem Erdinnern zu existiert also nicht, und man muß sich mit der Annahme begnügen, daß im allgemeinen die Wärme nach der Tiefe zu bei je 30 Meter um 1° steigt. Es ist nun die Frage, ob für Gewässer, welche auf ihrem Kreislauf in

größere Tiefen der Erde gelangen, also in Regionen des Erdinnern, woselbst höhere Temperaturverhältnisse vorherrschend sind, eine ebensolche Wärmezunahme auch stattfindet, wie für die Gesteine, in deren Kanälen und Spalten sie zirkulieren. Dies ist nun allerdings der Fall, denn an den verschiedensten Stellen der Oberfläche unserer Erde beobachtet man Quellen, deren Temperatur merklich wärmer ist, als die mittlere Jahrestemperatur der betreffenden Örtlichkeiten. Derartige Quellen nennt man zum Unterschied von den gewöhnlichen Quellen Thermen, welche man wiederum einteilen kann in laue und warme und in heiße Thermen. Da der Begriff der Thermen bestimmt wird durch die klimatischen Verhältnisse und Umstände eines Ortes, so leuchtet sofort ein, daß beispielsweise in Gebieten mit einer durchschnittlichen — 2° kaum übersteigenden Jahrestemperatur, wie solche der arktische Norden aufweist, Quellen mit + 1 oder + 2° eigentlich Thermen sind, während in äquatorialen Gegenden mit einer mittleren Jahrestemperatur von 26—28° eine Thermalquelle mindestens 30—31° Wärme besitzen muß. Die Wärme der Thermen wird naturgemäß auch eine sehr verschiedene sein. Man kennt solche, deren Wasser wirklich kochend heiß ist, wie beispielsweise die heißen Springquellen Islands, Neuseelands oder des nordamerikanischen Westens, die sogenannten Geysire, solche von 96° C. (Aguas de Comangillas bei Guanaxuato in Mexiko), von 73.8° C. (Karlsbad in Böhmen), von 55° C. (Aachen), von 48° C. (Gastein), u. s. f. Wir kommen in einem der Abschnitte dieses Buches noch näher darauf zurück.

Die bisherigen Erfahrungen berechtigen uns wohl zu der Annahme, daß für eine und dieselbe Stelle auf unserem Planeten und für eine und dieselbe senkrechte Abteufung in dessen Gesteinsrinde die Temperatur des daraus hervorquellenden Wassers um so höher steigt, als dessen unterirdischer Behälter tiefer liegt. Auch hier kann der Satz gelten, daß der Durchschnittswert der hydrothermischen Tiefenstufe[1]) etwa 30 Meter beträgt, natürlich auch hier mit Ausnahmen, wie z. B. die Bohrungen von Nauheim bei Nassau gezeigt haben. Der dortige Solsprudel kommt aus nur 159.4 Meter Tiefe herauf und hat 36.25° C. Wärme, und der aus 177.2 Meter Tiefe hervorquellende Friedrich-Wilhelm-Riesensprudel hat eine Temperatur von 37.6° C. Schon bei 60—80 Meter

---

[1]) Von Hydor, Wasser, also Tiefenstufe für dieses, im Gegensatz zur geothermischen, für die Gesteine der Erdfeste geltenden.

Tiefe zeigten sich salzhaltige und kohlensäurereiche Gewässer, deren Wärme 36° bis 40° betrug. Es muß aber betont werden, daß die Gewässer der Tiefe nicht immer die gleiche Wärmemenge aufweisen, wie die Gesteine, worin sie aufsteigen, was hervorgehen dürfte aus den von F. M. Stapff bei Anlaß des Gotthardtunnels hierüber angestellten Untersuchungen[1]). Das Resultat ergab, daß unter 73 Beobachtungsfällen das Wasser nur ein einziges Mal dieselbe Temperatur zeigte, wie der umschließende Fels. Sonst war dieselbe bald höher, bald niedriger, als diejenige des Gesteins. Die geothermische und die hydrothermische Tiefenstufe an ein- und demselben Orte decken sich also meist nicht.

Weiter oben ist angeführt worden, daß eigentlich keine Felsart unserer Erde gänzlich wasserundurchlässig sei, sondern daß alle Bergfeuchtigkeit enthielten. Aber diese Eigenschaft ist bei den verschiedenen Gesteinen durchaus nicht die gleiche, und wenn die Gebirgsfeuchtigkeit auch sämtliche mehr oder weniger durchdringt, so hängt es doch in hohem Grade von den mineralischen Bestandteilen und vom Gefüge, von der Struktur einer Felsart ab, in welchem Maße sie sich gegen das Durchsickern größerer Wassermengen widerstandsfähig erweist. Gesteine, denen die Eigenschaft innewohnt, ins Erdinnere eindringende Wassermassen entweder ganz und gar aufzuhalten, oder nur ein geringfügiges Quantum derselben durch sich hindurchzulassen, nennt man wasserundurchlässige, im Gegensatz zu den wasserdurchlässigen, welche die Fähigkeit besitzen, sich anders zu verhalten, also dem Wasser freien Durchgang zu gestatten. Der Unterschied zwischen der allen Gesteinen zukommenden Eigenschaft der Bergfeuchtigkeit und derjenigen der Wasserundurchlässigkeit, welche nur gewisse Felsarten haben, läßt sich am besten mit den Worten des großen Mineralchemikers und Geologen Bischof[2]) charakterisieren: „Die Gewässer fließen nicht nur durch Spalten, Klüfte und zwischen den Schichtungsflächen im Gebirgsgestein, sondern sie dringen durch dieses selbst. Wir unterscheiden hiebei das Eindringen der Gewässer in die kapillaren Zwischenräume zwischen den krystallisierten oder amorphen Mineralien und der Grundmasse von dem Eindringen in diese Mineralien selbst. Je größer diese sind, wie in den grobkörnigen Graniten, Syeniten, Trachyten, Konglomeraten u. s. w., desto leichter

[1]) Les eaux du Tunnel du St. Gothard, 1891.
[2]) Chemische Geologie, I, pag. 206.

dringen die Gewässer in jene kapillaren Zwischenräume, die sehr feinkörnigen sedimentären Gesteine, wie namentlich die Thonschiefer, werden in der Richtung der Schieferungsflächen leicht von den Gewässern durchdrungen, aber schwierig in der Richtung, welche auf den Schieferungsflächen senkrecht steht".

Zu den wasserundurchlässigen Gesteinen gehören in erster Linie die Thone. Thon in reinem Zustande ist allerdings ein verhältnismäßig seltenes Vorkommen, doch findet sich derselbe in großer Menge unter den Gesteinen unserer Erde, mit Sand und Kalk in wechselndem Grade vermischt, als Mergel. Ferner müssen hier aufgeführt werden die krystallinischen Gesteine, soweit dieselben noch frisch und nicht schon durch Verwitterung zersetzt sind, dann, soweit dieselben nicht stark blasige oder poröse und zellige Struktur aufweisen. Solche undurchlässige krystallinische Gesteine können bisweilen durch den Vorgang der Gebirgsbildung übergeführt werden in einen wasserdurchlässigen Zustand, indem dieselben dann vielfache, oft bis in ihre kleinsten Bestandteile hinein zu beobachtende Brüche und Durchreißungen erlitten haben, welche der Zirkulation des Wassers freien Raum gewähren. Derartig zertrümmerten Gesteinen können aber wieder durch später stattgefundene Vorgänge chemischer Natur, so beispielsweise durch die Kaolinisierung der Feldspate, durch den Absatz wasserundurchlässiger Mineralsubstanzen in den Fugen und Spalten des Gebirges u. s. f., ihre ursprünglichen, wasserundurchlässigen Eigenschaften zurückgegeben werden[1]).

Gerölle und Sande sind eigentlich die wasserdurchlässigsten Felsarten, welche man kennt. Allerdings können die letzteren durch thonige Beimengungen mehr oder weniger wasserundurchlässig werden. Auch manche Sandsteine zeichnen sich durch ihre große Wasserdurchlässigkeit aus, so besonders gewisse Schichten des Buntsandsteins. Im Breuschthal in den Vogesen sind beispielsweise die oberen Abteilungen dieser Formation, der obere Vogesensandstein, sehr porös und lassen die einsickernden Gewässer durchfließen bis auf die thonreichen Bänke der unteren Abteilung, an deren Grenze in den Thaleinschnitten dann überall Quellen zu finden sind[2]). Ähnliches ist im Haardtgebirge der Fall, wo der an 350 Meter mächtige Hauptbuntsandstein die auf seinem Areale

[1]) Stapff, Les eaux sousterraines du St. Gothard, 1891, pag. 14 ff.

[2]) Lepsius, Über den Buntsandstein in den Vogesen. In: Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 1875, pag. 89.

fallenden atmosphärischen Niederschläge ansammelt und dieselben dann an der Grenze mit seinem Liegenden, mit den Rötelschiefern, abgiebt in der Gestalt von Quellen, wie solche beispielsweise die Wasserleitung der Stadt Landau speisen[1]). Auch im Buntsandsteingebirge des Odenwalds herrschen gleiche Verhältnisse vor, wie aus den Darstellungen Beneckes und Cohens hervorgeht[2]). Sehr wasserdurchlässig ist aber auch die weiße Schreibkreide. Beardmore hat für dieses Gestein Englands berechnet, daß diejenigen Niederschläge, welche auf ein von Fugen und von Spalten gänzlich freies Areal dieser Felsart niederfallen und in dieselbe einsickern würden, nicht weniger denn einen Zeitraum von 4—6 Monaten brauchen müßten, um in demselben bis zu einer Tiefe von 60—90 Meter einzudringen. Für den Fall, daß ein Quellenhorizont in diesem Niveau läge, so könnte sich demnach ein starker Winterregen erst im darauffolgenden Sommer in demselben geltend machen. Es sind denn auch gewaltige Wassermassen in den mächtigen Ablagerungen der weißen Schreibkreide aufgestapelt, welche die in den tieferen Thaleinschnitten ihres Areals auftretenden Quellen auf lange Zeiträume hinaus und in völlig gleichmäßiger Weise zu speisen vermögen[3]).

Daß die blasig und zellig struierten vulkanischen Gesteine, so gewisse Laven, Basalte, Trachyte u. s. f., mehr oder weniger wasserdurchlässige Eigenschaften besitzen müssen, das geht schon aus dem Vorhergesagten hervor. In noch höherem Grade macht sich dieser Umstand selbstverständlicher Weise bei größeren Schichtenanhäufungen lockerer vulkanischer Auswürflinge, so von Aschen, Sanden und Schlacken, bemerkbar, ferner bei vulkanischen Tuffen, Konglomeraten u. s. f.

In den Erdboden einsickerndes Wasser ist nach Verstraeten[4]) zweierlei Einflüssen ausgesetzt, einmal denjenigen der Schwere, sodann aber denjenigen der Anziehungskraft der festen Gesteinsteilchen und Körnchen. Sind die zwischen diesen letzteren vorhandenen Zwischenräume große, so ist verhältnismäßig mehr Wasser vorhanden, als Anziehungskraft ausübende Flächen. Die Schwere

---

[1]) Leppla, Über das Vorkommen natürlicher Quellen in den pfälzischen Nordvogesen. In: Zeitschrift für praktische Geologie, 1893, pag. 103.

[2]) Geognostische Beschreibung der Umgegend von Heidelberg, 1881, pag. 14.

[3]) Prestwich, Geology, I, pag. 266, II, pag. 298.

[4]) Eaux alimentaires de la Belgique, 1883, pag. 50—51. Soyka (Die Schwankungen des Grundwassers ꝛc., in Pencks geographischen Abhandlungen, 1888, pag. 420 [5]) kommt zu ähnlichen Resultaten.

muß also das Übergewicht erhalten über die Anziehungskraft und die Flüssigkeit wird demnach fallen müssen. Wenn aber kapillare Hohlräume vorhanden sind, so wird die molekulare Anziehungskraft stärker wirken und die Flüssigkeit zurückhalten, oder sogar zum Aufsteigen zwingen, wie man es ja auch bei einem Schwamm beobachten kann, der die Wasserfläche, welche man mit ihm in Berührung bringt, aufsaugt.

Die Kapillarität hat demnach die Wirkung, das Wasser bis zu einer Höhe aufsteigen zu lassen, die größer ist, als sein hydrostatisches Niveau. Dieser Umstand ist denn auch die Ursache der Feuchtigkeit, welche man bisweilen ohne sichtbaren Grund an der Oberfläche des Bodens oder nahe unter derselben wahrnehmen kann, ein Umstand, der für den Landmann von Wichtigkeit ist. In grobem Kies steigt das Wasser kaum über sein hydrostatisches Niveau, in mittelgroben Sanden dagegen schon um 0.30 Meter, in sandigen thonigen Schichten auf ungefähr 0.60 Meter, in festen Thonen und Mergeln auf 1.50 Meter, noch höher aber in recht fetten und torfigen Böden[1]).

Nachdem wir nun die Entstehungsweise der gewöhnlichen Quellen und der Thermen in ihren Hauptzügen kennen gelernt haben, bleibt uns noch übrig, über eine Abart derselben, über die Mineralquellen einige vorläufige Worte zu sagen. Mineralquellen finden sich sowohl in der Form von Quellen mit normaler Temperatur, als auch in der Gestalt von Thermen. Dieselben sind reicher an gelösten Substanzen, als die gewöhnlichen Brunnen- und Trinkwasser, und diese Eigenschaften dürften in erster Linie von besonders günstigen geologischen Verhältnissen (d. h. der Formation), von der Länge des Wasserlaufes im Erdinnern, von dem Druck, worunter derselbe sich befindet, von der Temperatur des Wassers u. s. f. abhängig sein, sodann aber auch davon, welche Substanzen die die Quelle speisenden Niederschläge bei ihrem Eintritt in die Erdfeste schon in Lösung enthielten. Unter diesen Stoffen nehmen Kohlensäure, Sauerstoff, etwas schweflige Säure und organische Substanzen die erste Stelle ein. Durch die Beimischung der genannten Stoffe erhält das in den Erdboden einsickernde Wasser eine erhöhte Lösungskraft, und in diesem Zustande ist es befähigt, eine große Anzahl der in den Gesteinen vorhandenen Mineralien anzugreifen und dieselben allmählich mehr oder minder stark zu zersetzen und deren Bestandteile partiell in sich aufzunehmen, mit

[1]) Daubrée, Eaux sousterraines, I, pag. 16.

anderen Worten, die Gesteine nach und nach auszulaugen. Die hiebei vor sich gehenden chemischen Prozesse sind manchmal höchst komplizierter Art, zumal nicht selten ein förmlicher Austausch von Substanzen zwischen dem in Zersetzung befindlichen Gesteine und dem auslaugenden Wasser stattfinden muß, wodurch aber die Lösungskraft dieses letzteren meist noch erhöht wird. Eine diese letztere stark befördernde Substanz ist die Kohlensäure. Schon bei gewöhnlicher Temperatur vermag damit beladenes Wasser eine Reihe von Mineralien, so u. a. die Silikate des Kalis, des Natrons, des Eisens, des kohlensauren Kalkes, des Magnesiaoxydduls u. s. f., anzugreifen und deren Zersetzung einzuleiten, und in viel größerem Maßstabe gelingt dies dem feuchten Elemente bei höherer Temperatur. Wenn die Natur in ihren unterirdischen Laboratorien und Werkstätten auch meist nur langsam arbeitet und bisweilen Äonen braucht, um für das menschliche Auge sichtbare Wirkungen hervorzubringen, so sind ihre Effekte doch ganz andere, als diejenigen, welche der Mensch mit allen seinen Hilfsmitteln und unter Anwendung seines ganzen Scharfsinns aufzuweisen vermag.

Eine gewisse, wenn auch höchst geringe Menge Kohlensäure enthält schon das Regenwasser. Nach neueren Analysen finden sich in einem Liter dieses Niederschlags:

5.97 ccm Sauerstoff,
16.60 „ Stickstoff,
4.47 „ Kohlensäure,

was in Prozente umgerechnet ausmacht:

22.06 % Sauerstoff,
61.40 % Stickstoff,
16.54 % Kohlensäure.

Beim Hindurchsickern durch den Humusboden, worin stets in Verwesung begriffene, also ständig Kohlensäure bildende Substanzen vorhanden sind, reichert sich das Wasser noch weiter mit diesem Gase an. Große Mengen von Kohlensäure sind im Innern der Erde vorhanden, deren Vorkommen teilweise mit vulkanischen Erscheinungen in Verbindung steht. Für manche Ansammlungen jedoch erscheinen diese letzteren Ursachen vollkommen ausgeschlossen, und die Gründe ihres Vorhandenseins sind höchst rätselhafte und lange noch nicht festgestellt. Die letzten Nachwirkungen vulkanischer Phänomene, gleichsam die letzten Pulsschläge ihrer im Absterben

begriffenen Thätigkeit bilden bekanntlich Exhalationen von Kohlensäuregas, das Vorkommen der Mofetten, die heute noch an manchen Orten bestehen als letzte aktive Zeugen unterirdischer Kraftäußerungen, deren Höhepunkt in eine Zeit gefallen ist, da wahrscheinlich noch kein Menschenauge das Sonnenlicht erblickt hatte. Eine derartige, von Mofetten durchsiebte Stelle ist das Gebiet der vulkanischen Eifel. Allein in der Umgebung des Laacher Sees zählt man über 1000 kohlensäurehaltige Quellen, sogenannte Sauerquellen, neben verschiedenen anderen Punkten, woselbst reine Kohlensäureausströmungen stattfinden. Die Gesamtmenge der Exhalationen von Kohlensäuregas aus den Quellen und Mofetten der soeben erwähnten Gegend soll nach einer älteren Schätzung 300000 Kilogramm pro Tag betragen[1]). Ein Bohrloch, das zu Anfang des 8. Jahrzehnts unseres Jahrhunderts in den älteren devonischen Schichten bei Burgbrohl niedergestoßen wurde, gab 430 Liter Wasser in der Minute und in der gleichen Zeiteinheit 1500 Liter gasförmige Kohlensäure ab, täglich also 2160000 Liter oder 2160 Kubikmeter dieses Gases. $1^1/_2$ Jahre nach Bestand des Bohrloches hatte dasselbe in seiner Ergiebigkeit noch nicht nachgelassen, so daß das Vorkommen von Kohlensäure nachhaltig und reichlich ausgebeutet werden konnte[2]). Nach Gurlt[3]) dürfte eine sehr große Menge der im Erdinnern vorhandenen Kohlensäure aus den Silikatgesteinen stammen, zumal man Einschlüsse davon in den verschiedensten diese letzteren konstituierenden Mineralien nachgewiesen hat, so im Quarz, im Bergkrystall, in diversen Feldspaten, im Olivin u. s. f. In solchen Einschlüssen ist die Kohlensäure in flüssigem Zustand vorhanden, und es ist nach dem Genannten wahrscheinlich, daß die gasförmigen Massen dieser Substanz ehemals liquide gewesen sind, bevor dieselben durch die Zersetzung und Verwitterung der Felsarten, worin sie aufgestapelt sind, zum Gase wurden. In flüssiger Form aber würde die Kohlensäure ein noch viel stärker wirkendes Agens sein, als in gasförmiger Gestalt, und dieserhalb in noch viel umfangreicherem Maßstabe auslaugend auf die unsere Erdfeste bildenden Gesteine einwirken können.

Daubrée[4]) erzählt, daß am 28. Juli 1879 in dem Kohlenbergwerk von Rochebelle bei Alais zwei heftige Explosionen von

---

[1]) Lersch, Einleitung in die Mineralquellenlehre, 1855, I, pag. 87 und 94.

[2]) Heusler, in: Sitzungsb. der niederrh. Gesellsch. in Bonn, 1885, pag. 88—90.

[3]) loc. eod. pag. 90—91.

[4]) Eaux sousterraines, II, pag. 113.

Kohlensäuregas stattgefunden haben, und zwar im Zeitraum von weniger denn einer Minute in rascher Aufeinanderfolge und bei einer Tiefe von 345 Meter. Die Katastrophe geschah so plötzlich, daß drei Bergleute erstickt wurden. Die nähere Untersuchung ergab, daß von schlagenden Wettern keine Rede sein konnte, und daß einzig und allein die Kohlensäure die Schuld an den Explosionen trug, die sich in einer Kalksteinschicht angesammelt hatte, welche durch Schwefelsäure zersetzt worden war, dem Produkt einer Oxydation des reichlich vorhandenen Schwefelkieses. 4600 Kubikmeter Kohlensäuregas sollen dabei plötzlich entwichen sein. Aus diesem soeben angeführten Beispiel ist zu ersehen, daß auch ohne Hinzuthun vulkanischer Kraftäußerungen Kohlensäure in großen Quantitäten im Erdinnern entstehen kann[1]). Durch die chemische Arbeit des im Erdinnern zirkulierenden kohlensäurehaltigen Wassers entstehen, wie betont, die allerverschiedensten Lösungen, die wiederum in gegenseitige Wechselwirkungen treten können und somit die Ursache werden zur Herausbildung einer mannigfaltigen Reihe von Mineralquellen, denen der 3. Abschnitt dieses Buches gewidmet ist. Wir werden sehen, daß man dieselben auf Grund der von ihnen in Lösung gehaltenen Stoffe in einzelne bestimmte Gruppen einzuteilen pflegt.

Nicht allüberall auf der Oberfläche unserer Erde sind nun feste Gesteine, anstehende Felsmassen vorhanden. Der Boden weiter Areale wird von lockeren und losen Gebilden, von Schottern, Geröllen, Kiesen, Sanden u. s. f. in der verschiedensten Ausbildung bedeckt. In diese Ablagerungen nun dringt das Sickerwasser sehr leicht ein und wird ihrer großen Durchlässigkeit wegen mit besonderer Geschwindigkeit so lange und so weit zur Tiefe wandern, als nicht eine wasserundurchlässige Schicht dieser Reise Halt gebieten und das Wasser am Weitereinsickern hindern wird. Die Folge davon ist, daß diese losen Sedimente mehr oder weniger durchtränkt werden von den infiltrierten Niederschlägen, und das Maß, in welchem dies geschieht, muß naturgemäß von der Neigung dieser losen Massen gegen den Horizont und von der Menge der Atmosphärilien in den betreffenden Gebieten abhängen. Derartige oft gewaltige Wasser-

[1]) Bücking berichtet, daß bei der im Jahre 1828 zu Orb in Hessen gemachten Bohrung im Zechstein sich aus den dichten blauen Schichten dieses Gesteins an vielen Stellen Kohlensäure entwickelte, und zwar in so beträchtlichen Mengen, daß ein prachtvoller nach einiger Zeit aber wieder versiegender Gassprudel entstand. (Der nordwestl. Spessart; in: Abhandlungen d. k. preuß. geol. Landesanstalt. Neue Folge, Heft 12, pag. 163—164.)

ansammlungen in lockeren Felsarten bezeichnet man als **Grundwasser**[1]).

Die Frage vom Vorkommen, von der Reinheit, überhaupt von der Beschaffenheit des Grundwassers, vom Steigen und vom Fallen seines Niveaus, des sogenannten Grundwasserspiegels, ist für diejenigen Gegenden unserer Erde, in denen der Mensch auf Grundwasser angewiesen ist und auf eigentliches Quellwasser verzichten muß, eine ungemein wichtige, nicht zum mindesten in hygieinischer Hinsicht. Im 4. Abschnitt dieses Buches kommen wir in eingehender Weise auf das Grundwasser in unserem Sinne zurück. Es liegt auf der Hand, daß in solchen von Grundwasser durchzogenen Gebieten ebenfalls Quellen entstehen müssen, sobald infolge größerer Unebenheiten im Bodenrelief oder auch künstlicher Einschnitte in dieses das Niveau des Grundwassers erreicht resp. angeschnitten wird. Man nennt dieselben Grundwasserquellen.

[1]) Dem Begriff „Grundwasser" kann verschieden große Ausdehnung gegeben werden. Man bezeichnet zuweilen damit jede Wasseransammlung in einer wasserdurchlässigen Schicht, die über einer wasserundurchlässigen Schicht lagert, also z. B. Wasseransammlungen in einer porösen Sandsteinschicht, welche über einer wasserundurchlässigen Thonschicht ruht, ein in der Buntsandsteinformation sehr häufiger Fall. Wir wollen den Begriff „Grundwasser" jedoch beschränken auf die Wasseransammlungen in lockeren und losen, also nicht in festen Gesteinen. Der Entstehung nach sind Quellwasser und Grundwasser dasselbe, soweit, wie wir später noch kennen lernen werden, dieses letztere nicht durch Oberflächenwasser, als Flüsse, Seen u. s. f., infiltriert wird, denn beide kommen durch das Eindringen der Atmosphärilien zu stande. Aber die wasserführenden Schichten sind anders beschaffen, locker beim einen, fester und anstehender Fels beim anderen, so daß allein schon vom geologischen Standpunkte aus eine Unterscheidung beider Vorkommnisse gerechtfertigt ist.

Erster Abschnitt.

Von den Quellen im allgemeinen.

Erstes Kapitel.

Vom Verhältnis der Quelle zur Größe ihres Areals und vom Einfluß der auf dieses letztere fallenden meteorischen Niederschläge auf die Ergiebigkeit der Quelle.

Vom Verhältnis der Quelle zur Größe ihres Areals. Vom Wurzelsystem der Quellen. Periodische Quellen. Hungerquellen. Vom Einfluß der auf dem Gebiet einer Quelle niedergehenden Atmosphärilien auf die Ergiebigkeit der ersteren. Die Natur dieser Niederschläge kommt hier in Betracht. Von der Zeit, in welcher sich dieser Einfluß zu erkennen giebt. Quellen, bei welchen dies sogleich der Fall ist. Die Quellen des Noiraigue und der Reuse im Neuenburger Jura. Quellen, bei welchen dieser Einfluß erst nach einiger Zeit bemerkbar wird. Die Doues oder Quellen nach dem Vaucluse-Typus. Von den diesbezüglichen Beobachtungen F. M. Stapffs während des Tunnelbaues am St. Gotthard. Weitere Beispiele; die Quellen von Eger, Artern u. s. f. Allgemeiner für unser Klima gültiger Satz bezüglich des Einflusses der Atmosphärilien auf die Ergiebigkeit der Quellen. Schluß.

Wie wir aus den in der Einleitung vorgebrachten Thatsachen ersahen, kommen für das Vorhandensein von Quellen, resp. von Grundwasser auf irgend einem Teil unseres Erdkörpers überhaupt, sodann für deren Ergiebigkeit, chemische Beschaffenheit und Temperatur eine Reihe von Umständen in Betracht. In erster Linie sind es:

1. die Größe des die Quelle speisenden Areals,
2. die Menge der auf diesem Gebiete niedergehenden Niederschläge,
3. der geologische Bau dieses Areals, u. z.
   a. die Lagerungsverhältnisse der Gesteine seines Untergrundes, und

b. die mineralische Beschaffenheit, d. h. die Zusammensetzung eben dieser Gesteine, endlich

4. die orographische Ausbildung des Quellengebietes, d. h. die Verhältnisse an dessen Oberfläche (Berge, Hügel, Thäler, Ebenen, bebaute Areale, Waldbestand).

Auf die drei ersten dieser Punkte gehen wir im Folgenden näher ein; bezüglich des vierten Punktes, der teilweise übrigens durch die sub 2 und 3 angeführten Umstände bedingt wird, müssen wir uns weitere Auseinandersetzungen versagen. Derselbe liegt außerhalb des Rahmens dieses Buches[1]).

Daß die Größe, d. h. der Flächenumfang des eine Quelle speisenden Areales auf deren Ergiebigkeit, d. i. auf die Menge des von derselben zu Tage geförderten Wassers einen nicht zu verkennenden Einfluß besitzen muß, das liegt auf der Hand. Natürlich macht sich hier aber auch der unter 2. aufgeführte Umstand geltend, d. h. es muß mit dem Quantum der auf diesem besagten Gebiete vorhandenen meteorischen Niederschläge gerechnet werden. So wird zuweilen eine Quelle, welche ihren Wasserbedarf aus einem nur kleinen, an Niederschlägen aber sehr reichen Gebiet bezieht, zweifelsohne ergiebiger sein, als eine andere, deren Zuflüsse einem regen- und niederschlagarmen Komplex unserer Erdkugel entstammen, wenn dieser letztere auch sehr viel ausgedehntere Flächen umfassen sollte, als das Areal der ersteren. Die im Innern des Erdbodens verborgenen, mannigfach und oftmals sehr weit verzweigten Klüfte und Spalten, worin das feuchte Element zirkuliert, die Wasseradern, speisen die Quelle und bilden deren Wurzelsystem. Liegt dieses letztere nun in einem Areale, dessen meteorologische Verhältnisse für die Quellenbildung günstige sind, fallen also, mit anderen Worten, reichliche Niederschläge nieder auf dessen Oberfläche, so muß die Quelle nachhaltig fließen. Dies wird, immer unter den gegebenen Umständen, in um so höherem Maße der Fall sein, je größer das Wurzelsystem, d. h. je umfangreicher die Oberfläche des Quellgebietes oder ihr Sammelrevier ist, so daß nicht nur eine genügende Wassermenge in dessen Untergrund eindringen kann, sondern auch zum Teil noch an von der Quelle so entfernten Stellen, daß, wenn die derselben näher gelegenen Adern vertrocknet

[1]) Wer sich näher über diesen Punkt orientieren will, dem sei neben anderen Werken das hübsche und allgemein verständliche Buch: „Wald, Klima und Wasser" von Lorenz von Liburnau in Wien, München 1878, R. Oldenbourg, empfohlen.

6.

sind, der Wegabschnitt, welchen das Wasser der entfernteren Spalten und Klüfte bis zum Austrittspunkt der Quelle zurücklegen muß, mindestens so viel Zeit in Anspruch nimmt, als die regenlosen Perioden der Gegend andauern. Besonderheiten im geologischen Aufbau des in Frage kommenden Areals ändern jedoch zuweilen die Sache. Das ist beispielsweise auf den Plateaus der Normandie bei Le Havre der Fall, woselbst die wasserführende Schicht der Kreide (craie fissurée) angehört und unterlagert wird von den Thon- und Mergelbildungen der unteren Kreide, von der Erdoberfläche aber wiederum getrennt ist durch eine weitere thonige Ablagerung, welche cretaceische Feuersteinbruchstücke enthält, eocänen Alters ist und argile à silex genannt wird. Die auf dieses Gebiet niederfallenden Niederschläge kommen für dessen Quellen nur in bedingter Weise in Betracht, weil das argile à silex kein Wasser in die tieferen Schichten eindringen läßt, und dieses letztere seinen Weg in die Tiefe nur an denjenigen Orten finden kann, woselbst die darunter liegenden Kreidesedimente zu Tage treten, so z. B. an den Gehängen der Thäler, welche die Plateaus durchschneiden. Auch das erst oberflächlich abfließende, dann später aber an solche Infiltrationsstellen gelangende Wasser erleidet vorher, ehe dasselbe bis dahin gekommen ist, große Verluste an seiner Menge. In der Umgegend von Havre können daher größere Niederschlagsmengen der Quellenergiebigkeit nur insoweit förderlich sein, als dieselben in genügend intensiver Weise niedergehen[1]).

Anders dagegen liegt natürlich die Sache, wenn die Quelle über ein weniger ausgedehntes Wurzelsystem gebietet, und wenn zugleich damit trockene und nasse Jahreszeiten mit einander abwechseln, wenn der Boden des Quellenareals bald zufriert und bald wieder auftaut, oder wenn Schnee- und Eisdecken sich auf demselben periodisch ablösen. Dann ist die Quelle je nach diesen Umständen bald wasserreicher, bald aber auch wasserärmer, oder dieselbe kann sogar auch ganz aufhören zu fließen. Derartige Quellen pflegt man als periodische zu bezeichnen. In diese Kategorie gehören die sogenannten Hungerquellen. So fließen viele Quellen der Hochgebirge, welche nur von dem schmelzenden Schnee und Eis genährt werden, bloß im Frühjahr und im Sommer, andere, welche der Ablation der Gletscher ihren Ursprung verdanken, nur bei Tage.

[1]) Meurdra in: Association française, session du Havre, pag. 467, und Lapparent, Traité de Géologie, 3. Aufl. pag. 195.

Ratzel betont, daß die Wassermenge der Quellen in den Gebirgen unserer Zone um so abhängiger von den festen Niederschlägen ist, je höher man sich in den ersteren erhebt. Man findet dann immer weniger Quellen, welche als Hungerquellen wegen des Vertrocknens bezeichnet werden, das unfehlbar eintritt, nachdem der letzte Schnee geschmolzen ist. Eine Quelle, die mit ihren äußersten Saugadern bis in die Höhen hinaufreicht, woselbst Schnee übersommert, kann ja nur noch versiegen, wenn alles zugeschneit und gefroren ist. Eine am Wendelstein in den bayrischen Alpen in 1724 Meter liegende Quelle wuchs bez. ihrer Ergiebigkeit bei der Schneeschmelze auf das dreißigfache an. Bei derartigen Quellen steht die Temperatur in innigem Verhältnis mit der Wassermenge, die zum Produkt aus Temperatur und Schneemenge wird, während wiederum jede Schneeschmelze die Temperatur in auffallender Weise beeinflußt. Bei der eben erwähnten Quelle am Wendelstein folgt auf jeden starken Schneefall bei nachfolgendem Tauwetter ein Sinken der Quelltemperatur und im Frühling und Herbst eine Zunahme der Wassermenge beim Eintritt des Tauwetters. Erst als der Schnee Ende Juni weggeschmolzen war, stieg ihre Temperatur bis zur Höhe der Thalquellen und blieb über der Stufe von 7° bis zum Eintritt des ersten echten Schneemonats in diesen Höhen, des Oktobers[1]).

Die eben berührten Thatsachen haben uns zur Betrachtung des zweiten Punktes geführt, zu demjenigen, welcher das Verhältnis der Quelle zu der Menge der atmosphärischen Niederschläge auf ihrem Areale betrifft. Da wird denn in erster Linie die Art und Weise der Niederschläge selbst in Berücksichtigung kommen müssen. Wenn wir uns vergegenwärtigen, was in der Einleitung über die oberflächlich abfließenden, zur Quellenbildung also nicht beisteuernden Gewässer gesagt worden ist, so werden wir leicht verstehen, daß z. B. in Gegenden mit sehr accidentierten Terrainverhältnissen, welche häufigen und dabei recht starken Regengüssen als Platzregen unterworfen sind, trotz dieses Reichtums an meteorischen Niederschlägen beträchtlichere Quellen nicht vorhanden sind. Je gleichmäßiger die Niederschläge auf einem Gebiete unseres Erdkörpers verteilt sind, um so konstanter werden auch die auf demselben vorhandenen Quellen fließen, und mäßige, aber lang andauernde Land-

[1]) Die Schneedecke, besonders in deutschen Gebirgen. In: Forschungen zur deutschen Landes- und Völkerkunde, Bd. 4, Heft 3, pag. 269 ff. und: Der Wendelstein. In: Zeitschrift des deutschen und österreichischen Alpenvereins, 1886, pag. 403 ff.

regen oder langsam abschmelzende Schneemassen sind für das Einsickern dieser Gewässer, also für das Zustandekommen von Quellen gar sehr viel günstiger, als in großen Mengen, aber plötzlich herabstürzende Niederschläge.

Die Erfahrung zeigt, daß sich der Einfluß größerer Niederschlagsmengen oder derjenige länger andauernder Trockenheit auf den Quellenabfluß des betreffenden Areals bald rascher, bald langsamer geltend macht. Es giebt gewisse Quellen, deren Ergiebigkeit es sofort merken läßt, ob auf der Oberfläche ihres Wurzelsystems Niederschläge in größerer Menge niedergegangen sind, so beispielsweise diejenigen der Birs bei Tavannes, der Reuse bei St. Sulpice, der Noiraigue im Traversthale, sämtlich im schweizerischen Juragebirge gelegen und nach einem besonderen Typus gebaut. Die mächtigen Kalksteinschichten des genannten Gebirges saugen die Niederschläge auf, und da sie von einem großartigen Netz von Spalten und von Sprüngen durchzogen sind, so sammelt sich das Wasser darin an, um überall da, wo letztere von Querthälern angeschnitten werden, aber auch am Fuße des Juragebirges selbst, als mächtige Quellen hervorzutreten. Aber bei einigen der vorgenannten jurassischen Vorkommnisse sind die Verhältnisse noch etwas kompliziertere. Das Juragebirge weist nämlich eine Anzahl torfiger Hochthäler auf, welche jedes oberflächlichen Wasserabflusses ermangeln, so diejenigen der Ponts, der Verrières u. s. f. Das Hochthal der Ponts liegt in einer Meereshöhe von etwa 1000 Meter, und da die in seinem Gebiete niederfallenden Atmosphärilien einen Abfluß nicht besitzen, durch thonige Unterlagen im Hochthal selbst aber festgehalten werden, so ist das Resultat davon eine gänzliche Vermoorung und Vertorfung seines Bodens, welche bisweilen 6 Meter mächtig werden kann und für die Bewohner dieser Gegend in ökonomischer Beziehung nicht ohne Bedeutung ist, denn das Torfmaterial dient ihnen zur Heizung und wird sogar in die umliegenden Teile des Gebirges exportiert. An den Rändern dieser Hochthalmulde jedoch sind große Sprünge, Klüfte und Spalten im Gestein vorhanden, welche mit der Oberfläche durch eigentümliche, trichterförmige Öffnungen, die sogenannten emposieux, in Verbindung stehen. Diese letzteren Gebilde liegen nicht etwa unregelmäßig zerstreut an den Muldenrändern, sondern folgen meist den größeren, das Gebirge durchsetzenden Verwerfungsspalten und können an der Erdoberfläche einen Durchmesser von 100 Meter erreichen. Durch solche emposieux erhält das Hochthal von Les Ponts und alle

ähnlich gebauten seinen Abfluß. Wenn das in der Thalmulde sich ansammelnde Wasser an deren Rändern das Niveau dieser Trichteröffnungen erreicht hat, stürzt es durch diese hindurch und gelangt in die Spalten, welche es dann oftmals mehrere hundert Meter tiefer in der Gestalt von Quellen wieder abgeben. In unserem Falle tritt das von Les Ponts kommende flüssige Element etwas über 300 Meter tiefer in unmittelbarer Nähe des Dorfes Noiraigue im Traversthale, Ctn. Neuenburg, am Fuße einer gewaltigen Felswand als mächtiger Quellstrom wieder ans Tageslicht. Entladet sich im Hochthale von Les Ponts einmal ein starker gewitterartiger Regen, so ist das an der Ergiebigkeit der Quelle von Noiraigue sofort zu bemerken. Schon einige wenige Stunden darnach fließt dieselbe mit verstärkter Kraft und ergießt schmutzige und trübe Wasserströme, denn, wie Heim das treffend bemerkt, sind derartige Quellen eigentlich nur unterirdische Bäche. Findet das Gegenteil aber statt und herrscht längere Zeit hindurch große Trockenheit im Sammelgebiet einer nach solchem Muster gebauten Quelle, so wird ihr Abfluß stets geringer und geringer, bis dieselbe schließlich ganz versiegt. Im Verlaufe des Sommers 1893, der sich besonders in Süddeutschland und in der Schweiz durch die ungemein geringe Menge seiner Niederschläge ausgezeichnet hat, war der Ausfluß an der Noiraigue-Quelle auf ein Minimum herabgesunken. Statt des großartigen Wasserstroms, welcher sonst aus der Felswand herausquoll und im stande war, schon wenige Meter von seinem Ursprung entfernt Mühlräder und Turbinen in Bewegung zu setzen, kam ein trübes und nichtssagendes Wasseräderlein heraus. Daß infolge dieses Wassermangels auch alle industriellen Etablissements, welchen die Noiraigue in normalen Zeiten die Triebkraft zu verleihen pflegte, feiern und zahlreiche menschliche Arbeitskräfte brach liegen mußten, das liegt auf der Hand. Ähnliche Verhältnisse zeigten sich während der erwähnten Zeit im ganzen Juragebirge, das in erster Linie aus kalkigen Gesteinen zusammengesetzt wird. Diese letzteren sind aber fast stets sehr klüftig und von großen und kleinen Spalten durchzogen, wie wir schon betont haben, weshalb das Wasser ungemein leicht und rasch durch dieselben hindurchfließen kann. Hier müssen also in länger währenden Trockenperioden die Quellen bald versiegen, denn es sind keine oder nur geringe unterirdische Reservoirs da, welche denselben auch in Zeiten der mangelnden Niederschläge Nahrung zu geben im stande sind. In Fig. 3 S. 40 u. 41 geben wir die Abbildung einer derjenigen von

Noiraigue ähnlichen Quelle, welche der Reuse, einem Zufluß des Neuenburger Sees und dem größten Wasserlauf des Traversthales, ihren Ursprung giebt. Sie bildet den Abfluß des Hochthales der Verrières und tritt ungefähr 180 Meter tiefer aus, als dessen Thalsohle.

Langsamer bemerkbar wird eine vermehrte Niederschlagsmenge sich bei derjenigen Gattung von Quellen machen, welche nach dem Typus derjenigen von Vaucluse im gleichnamigen Departement Südfrankreichs geartet sind, und wofür Desor schon vor Jahren den Namen doues oder sources vauclusiennes vorgeschlagen hat[1]. Dieselben unterscheiden sich von den soeben geschilderten dadurch, daß ihr Sammelgebiet mit ihrem Austrittspunkte nicht durch einfache Spalten und Klüfte in Verbindung steht, sondern daß sich zu diesen unterirdischen Kanälen noch größere und kleinere Höhlungen hinzugesellen, welche die Gewässer erst durchlaufen müssen, ehe dieselben als Quellen hervortreten können. Dadurch wird, besonders wenn diese Höhlenreservoirs sehr umfangreiche sind, der Lauf des Wassers natürlich verlangsamt und das feuchte Element kann sich reinigen, indem die ersteren gewissermaßen die Rolle von Abklärungsbassins für das letztere übernehmen. Bei gewissen ähnlichen Vorkommnissen sind nun diese unterirdischen Behälter so sehr beträchtliche, und es sammeln sich in niederschlagsreichen Zeiten derartige Mengen Wassers darin an, daß ihre Quellen selbst während unverhältnismäßig langer Trockenperioden dennoch ruhig weiterfließen können, und daß sich zwischen ihrem Absatz während solcher und demjenigen in regenreichen Perioden nur geringe Unterschiede fühlbar machen. Zu diesen nach dem Vaucluse-Typus gebauten Quellen gehören beispielsweise diejenige der Serrière bei Neuenburg in der Schweiz, an deren Ursprung die weltbekannte Firma Ph. Suchard ihre Chokoladenfabrik erbaut hat, und diejenige der Blau im Schwabenlande, der Blautopf bei Blaubeuren, 510 Meter über Meer, von mächtigen Eschen- und Ahornbäumen überschattet, ein kreisrunder, tiefer, geheimnisvoller Quellsee, dessen Farbe sich mit der Tiefe zum schönsten Himmelblau steigert, und dessen Wasser sich aus unbekannten Quelllöchern so stark ergänzt, daß beständig ein großer Strom überfließt. Wir schauen wie träumend hinein in die schweigende Tiefe, als blickten wir hinein in die innerste Werkstatt der allnährenden Erde, hinein in die großen

---

[1] Les sources du Jura, in: Revue suisse, Bd. XXI, pag. 15.

Hohlräume, die rückwärts hinter uns im zerklüfteten Kalkgebirge der Alb die Wasser unaufhörlich sammeln, denn unaufhörlich tropft und klingt es von den Decken der Höhlen und staut sich auf der Sohle zu großen lichtlosen Seen, aber jeder herabstürzende Wassertropfen setzt vor seinem Sinken einen Kalkkrystall an und unaufhörlich wachsen von den Gewölben herab milchweiße Sintergebilde, krystallene Säulen, Pfeifen und Früchte und schmücken die Höhle zu der prachtvollsten Domhalle [1]).

Sehr interessante Beobachtungen über die auf dem vom Gotthardtunnel drainierten Gebiete niederfallenden Niederschläge im Verhältnis zur Wasserabgabe der vom besagten Tunnel durchbohrten Schichten hat F. M. Stapff [2]) in neuester Zeit veröffentlicht. Aus denselben geht hervor, daß auch hier ein Zusammenhang zwischen den niedergefallenen Regen- und Schneemassen und der Ergiebigkeit der in den Tunnel eindringenden Wassermenge nicht zu verkennen ist, wenn auch die Zeitdauer, welcher es bedurfte, um denselben feststellen zu lassen, sich in schwankenden Werten bewegte und für gewisse Schichten in Bezug auf den Regenfall je nach der Jahreszeit und nach den Umständen überhaupt bald nur zwei Wochen betrug, bald aber auch zwei Monate. Daß man unter günstigen Umständen aus der Niederschlagsmenge eines bestimmten Areals während einer gewissen Zeit genaue Schlüsse auf die Ergiebigkeit seiner Quellen in den darauffolgenden Monaten zu ziehen im stande sein kann, das hat beispielsweise ein französischer Gelehrter, Meurdra, an den die Wasserversorgung von Havre speisenden Quellen gezeigt [3]).

Einige ältere Untersuchungen, welche das Verhältnis der Ergiebigkeit einer Quelle zu den Niederschlägen auf ihrem Areale recht deutlich machen, mögen hier noch weiter ausgeführt werden. So steht mit Bezug auf die Mineralquellen von Eger in Böhmen, durch Beobachtungen, welche Zembsch von 1826 bis 1829 mit größter Aufmerksamkeit gemacht hat, fest, daß ein direktes Verhältnis vorhanden ist zwischen der Quantität des von den genannten Quellen abgegebenen Wassers und der Summe der meteorischen Niederschläge. In den Monaten Mai bis August ist diese erstere die größte, fällt aber während der Monate April und Oktober, als

---

1) Paulus in: Das Königreich Württemberg, I, 347.
2) Les eaux du Tunnel du St.-Gothard, pag. 93 ff.
3) Daubrée, Eaux sousterraines, I, pag. 146.

während der Periode des Niederschlagsminimums. Die Solquelle zu Artern im Regierungsbezirk Merseburg hat stets nach starken Taufluten oder nach anhaltenden starken Gewitterregen die größte Ergiebigkeit, und damit geht dann Hand in Hand eine Vermehrung ihres Gehalts an Mineralbestandteilen. Ihre Sole ist durchschnittlich 3.25—3.70-prozentig. Als im Jahre 1845 bei einer starken Tauflut die Wassermenge, die sonst im Durchschnitt 127.5 Kubikfuß pro Minute betrug, auf 400 Kubikfuß für dieselbe Zeiteinheit anstieg, stieg auch der Solgehalt auf 4.07 Prozent und hielt sich noch über einen Monat in dieser Höhe, trotzdem daß die Wassermenge an sich allmählich wieder abgenommen hatte. Die Schwefelthermen von Bains bei Arles in der Provence, gewisse Quellen von Vichy im Departement des Allier sind ebenfalls solchen deutlichen und im Connex mit den meteorischen Niederschlägen stehenden Schwankungen in ihrer Ergiebigkeit unterworfen. Andere derartige Beispiele könnten hier noch viele angeführt werden[1]; die vorstehenden dürften jedoch zur Bekräftigung der vorgebrachten Dinge sicherlich schon genügen.

Will man für das gegenseitige Verhältnis zwischen der Ergiebigkeit einer Quelle und der Niederschlagsmenge auf ihrem Areale einen allgemeingültigen Satz aufstellen, so kann man sagen, daß für unser Klima die Erfahrung lehrt, daß von einer Hektare (10 000 □ m) Quellensammelgebiet je nach den Bodenverhältnissen noch per Minute abfließen: in trockener Zeit 1 bis 6 Liter, gewöhnlich 3 bis 8, nach Hochwasserzeit 10 bis 20 Liter Quellwasser[2]. Daß Gegenden ohne Niederschläge im allgemeinen auch keine Quellen besitzen können, das liegt auf der Hand und braucht wohl hier nicht mehr weiter ausgeführt zu werden.

---

[1]) Cf. Lersch, Einleitung in die Mineralquellenlehre, der wir die hier erwähnten Beispiele entnommen haben.

[2]) Heim, Die Quellen, pag. 7.

Zweites Kapitel.

Etwas von den Absonderungsformen und von den Lagerungsverhältnissen der Gesteine.

Absonderung, regelmäßige und unregelmäßige. Säulenartige Absonderung der Basalte, plattige der Klingsteine u. s. f. Deren Ursachen. Parallelepipedische Absonderung. Diaclasen. Beispiele hiefür. Ursachen der Diaclasen. Verwerfungsspalten und Bruchlinien. Vertikale und geneigte Verwerfungen. Sprunghöhen. Beispiele hiefür. Geneigte oder gestörte Schichten: Fallen und Streichen. Falten; Sättel und Mulden.

Ehe wir nun zur Betrachtung des Verhältnisses schreiten, welches zwischen einer Quelle und dem geologischen Aufbau ihres Areals, sowie der mineralischen Zusammensetzung der dasselbe konstituierenden Gesteine besteht, mag es im Interesse der in der geologischen Wissenschaft und deren Terminologie weniger gut bewanderten Leser angezeigt sein, vorher noch etwas einzugehen auf die wichtigsten Punkte der ebengenannten Kapitel in der Lehre vom inneren Bau der festen Erdkruste [1]).

Die allermeisten Gesteine unseres Erdkörpers haben die Eigenschaft, sich in kleinere Teile zu zerklüften und zu zerspalten. Man pflegt das Absonderung zu nennen. Die Erfahrung lehrt uns, daß diese letztere bald in regelmäßiger, bald aber auch in unregelmäßiger Gestalt vor sich gehen kann, wie denn auch deren Ursachen sehr verschiedene sein müssen. Bei feuchten Gesteinsmassen, welche im Austrocknen begriffen sind, muß naturgemäß eine Zerklüftung im Verlaufe dieses Vorganges stattfinden. Es ist dieselbe Erscheinung, welche man bei eintrocknendem Thon Schwinden nennt. Wenn in glühflüssigem Zustande aus dem Erdinnern an die Oberfläche unseres Planeten emporgedrungene Gesteine, die sogen. Eruptivgesteine, sich im Verlaufe der Zeit abkühlen, demnach sich zusammenziehen und dadurch eine Verminderung ihres Volumens erfahren, so ist mit diesem Umstand eine innere Zerspaltung derselben verbunden. Alle Gesteinskörper von großem Umfang zeigen solche Absonderungsphänomene, wenn auch bald stärker und bald schwächer. Es ist ja eine bekannte Thatsache, daß es oftmals recht schwierig ist, Monolithen, d. h. lange Säulen oder sehr große Würfel und

---

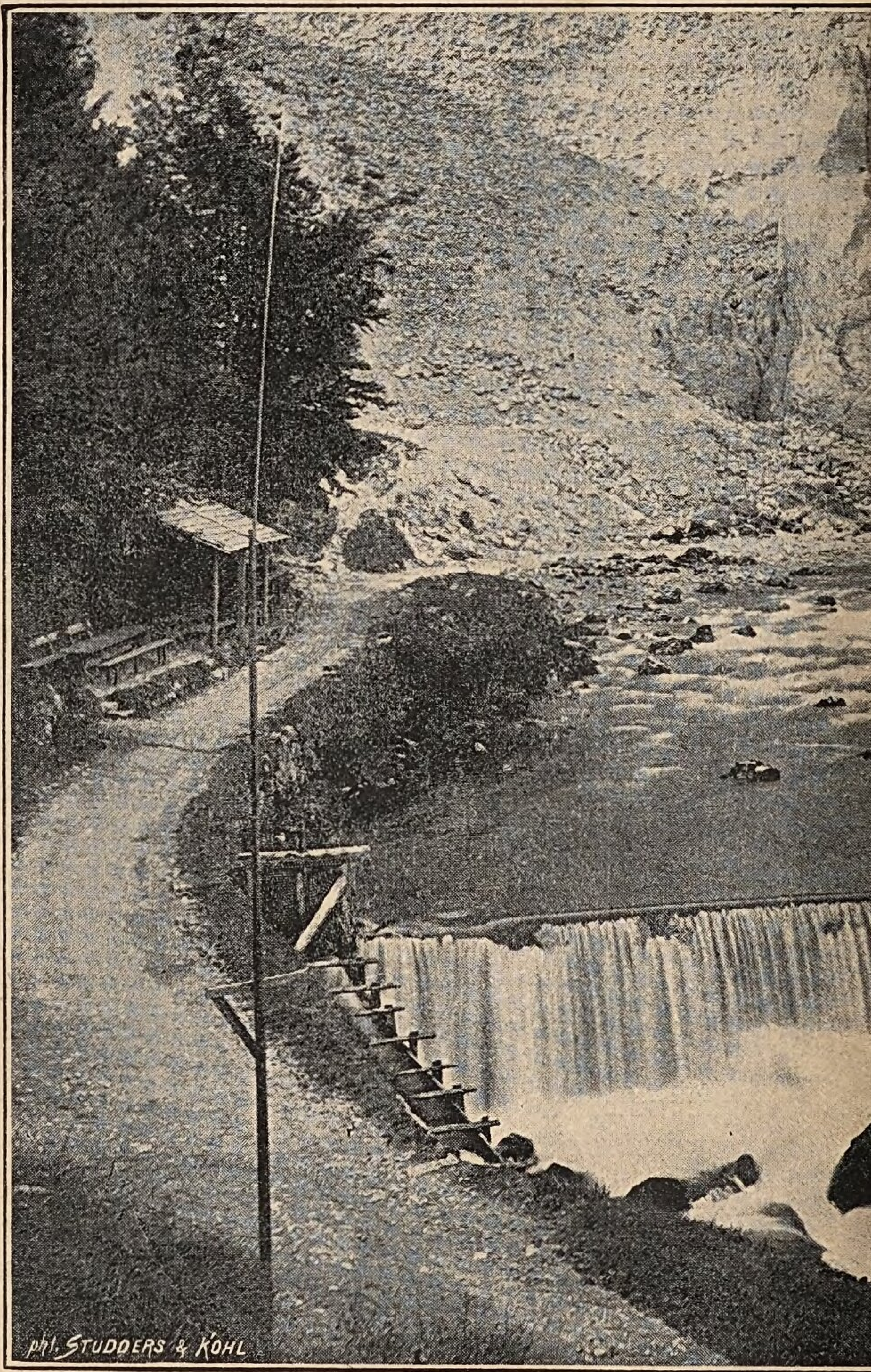
[1]) Es kann stelbstverständlicher Weise unsere Absicht nicht sein, diese Punkte in erschöpfender Weise hier zu behandeln. Es soll vielmehr nur das Allerwichtigste vorgebracht werden. Wer Genaueres darüber wissen will, der sei auf des Verfassers Katechismus der Geologie (5. Aufl. 1893) im gleichen Verlage verwiesen, oder auf irgend ein geologisches Lehrbuch größeren Umfangs.

Platten aus einem Stück Gestein herzustellen. Im allgemeinen kann man sagen, daß die unregelmäßige Absonderung, also eine keinerlei Gesetzmäßigkeit folgende Zerklüftung und Zerspaltung der Gesteine, die weitaus häufigste ist. Dagegen zeigen gewisse bestimmte Gesteinsarten in vorwiegendem Maße die Neigung, sich in regelmäßiger Weise abzusondern, so beispielsweise die Basalte, welche dabei lange Säulen bilden[1]), die wohl einem Jeden bekannt sein werden, der einmal den Rhein zwischen Coblenz und Bonn befahren und die mächtigen Steinbrüche im Basalt von Unkel gesehen, oder der eine Wanderung ins Siebengebirge oder ins böhmische Mittelgebirge gemacht hat. Ein berühmtes Vorkommen solcher säulenförmigen Absonderung des Basalts finden sich ferner in der Kaisergrotte bei Bertrich, oder im Horngraben bei Manderscheid in der Eifel, in dem aus Millionen von Basaltsäulen bestehenden Riesendamm (Giants Causeway) an der irischen Küste u. s. f. Ein anderes Eruptivgestein, der Phonolith oder Klingstein, liebt es, sich in Platten zu spalten, welche mit irgend einem metallenen Gegenstand angeschlagen einen helltönenden Klang von sich geben, ein Umstand, welcher dem genannten Gestein eben seinen Namen verschafft hat. Auch kugelförmige Absonderung ist bekannt, so bei Porphyren, Dioriten, bei einigen Basalten u. s. f. Diese ebenerwähnten Absonderungserscheinungen bei den Eruptivgesteinen sind zweifellos sämtlich auf ihre Erstarrung aus glutflüssigem Zustand zurückzuführen, wie wir schon betont haben. Ähnliche Phänomene, wie die eben geschilderten, zeigen sich nicht nur bei der jüngeren Abteilung der aus Glutfluß erstarrten Gesteine, bei den Eruptivgesteinen, sondern auch bei den ältesten Typen derselben, bei den plutonischen oder Tiefengesteinen. Dies ist u. a. beim Granit der Fall, der nach den verschiedensten Richtungen von Klüften durchzogen erscheint, welche das Gestein in würfel- oder quaderförmige Körper von sehr wechselnden Dimensionen zerlegen und als parallelepipedische Absonderungsformen bezeichnet werden.

Nun kennt man noch eine besondere Art von Zerklüftung, welche zu den allerhäufigsten diesbezüglichen Erscheinungen gehört, in ihrem Wesen aber noch am allerwenigsten bekannt ist, obgleich eine Reihe namhafter Forscher sich damit beschäftigt haben. Es sind die von Daubrée[2]) Diaclasen benannten Phänomene, welche besonders gern in sedimentären Gesteinen, d. h. in solchen, die

[1]) Man kennt solche von über 100 Meter Länge und über 7 Meter Dicke.

[2]) Géologie expérimentale, pag. 288 ff. Les eaux sousterraines, I, pag. 152 ff.



Die Quelle der Reuse bei St. Sulpice im Traversthale,

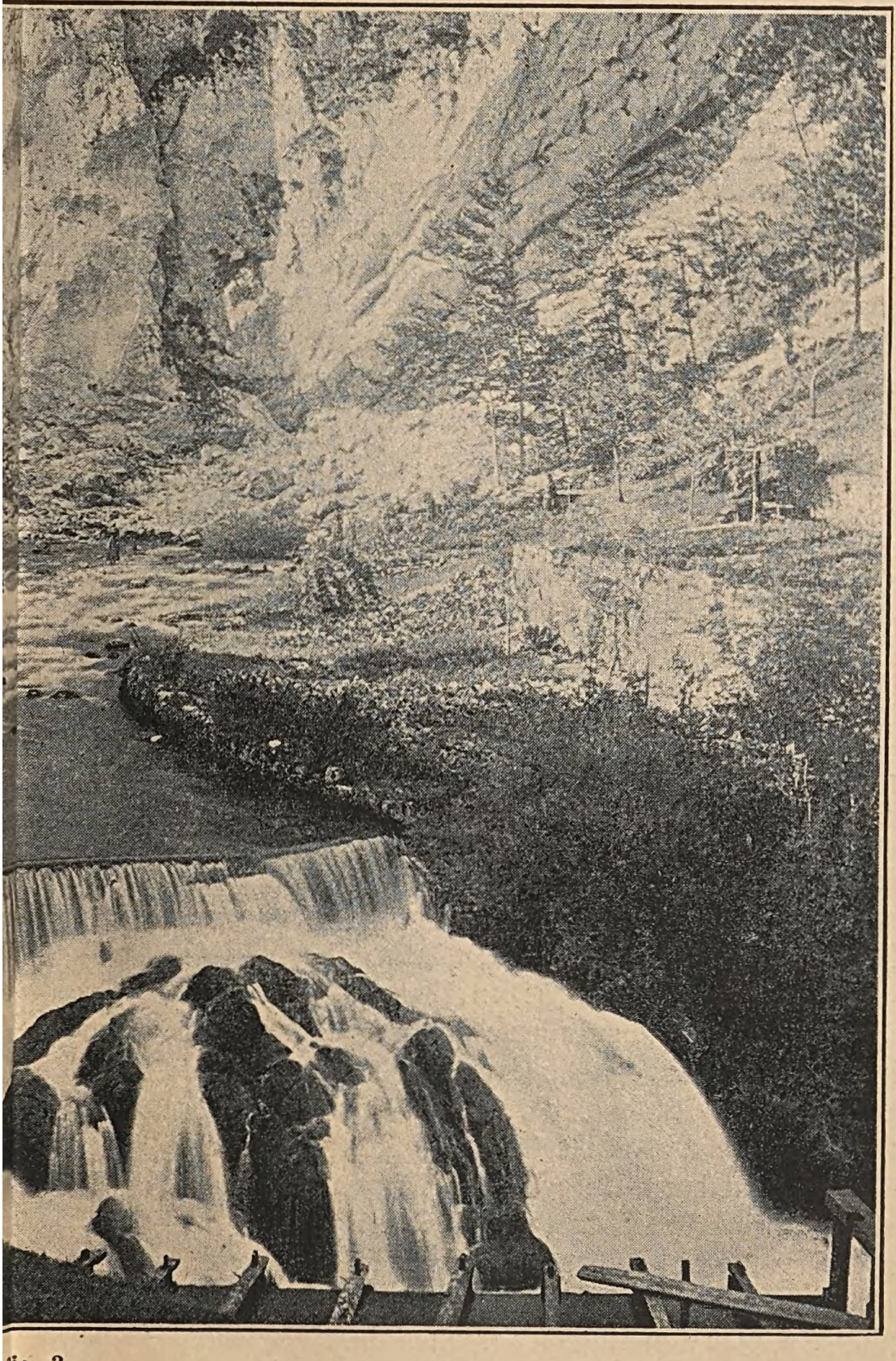


Fig. 3.
Ktn. Neuchatel. Nach einem Lichtbild von Robert in Couvet.

sich als Niederschläge aus dem Meeres-, Brack- oder auch Süßwasser erweisen, auftreten. Das Resultat dieser Diaclasen sind pfeilerartige, senkrechte, oder auch quaderförmige Gesteinskörper. Als Beispiele dafür seien die Externsteine bei Horn in Westfalen hier angeführt, oder die senkrechten Spalten und Klüfte, welche das Sandsteingebirge Sachsens und des angrenzenden Böhmens durchziehen und von den Steinbrechern dieser Gegenden Lose oder Verlosungen genannt werden, eine Bezeichnung, die etymologisch wohl mit dem wissenschaftlichen Ausdrucke Ablösung zusammenhängen dürfte[1]). Diese Lose besitzen eine höchst regelmäßige Anordnung, stehen im allgemeinen senkrecht auf der Schichtfläche und schneiden einander in ganz oder nahezu rechten Winkeln, so daß eine quaderförmige Absonderung entsteht, welcher das Gestein den Namen verdankt[2]). Es ist nun sehr wahrscheinlich, daß die im Vorigen geschilderten parallelepipedischen Absonderungsformen bei den Graniten eher zu den Diaclasen gehören dürften, als zu den ähnlichen, aber durch Erstarrung hervorgebrachten Erscheinungen. Die letzteren sind den Diaclasen allerdings sehr ähnlich gebildet, aber diese unterscheiden sich anderseits davon durch ihre fast geometrische Regelmäßigkeit und durch ihr Fortsetzen auf weite Strecken hin und in der nämlichen Richtung, selbst durch verschiedenartige Gesteine hindurch. Daubrée will die Bildung der Diaclasen auf mechanische Einwirkungen von Torsion und Druck auf die davon betroffenen Gesteinskomplexe zurückführen, auf eine Action mécanique, wie er diese Einwirkung nennt, u. z. hätte sich diese letztere nur erst nach der Verfestigung der Gesteine bemerkbar gemacht. Indem Daubrée die genannten Kräfte auf Glas und auf Mastik wirken ließ, gelang es ihm denn auch ähnliche regelmäßige Sprungsysteme auf experimentellem Wege zu erhalten.

Ursprünglich sind alle Schichtgesteine horizontal gelagert gewesen. Dergleichen ungestörte Sedimente trifft man aber nicht immer an. Unsere feste Erdkruste gleicht nämlich durchaus nicht einer sprunglosen Hülle, welche das Erdinnere einschließt, sondern dieselbe ist durchzogen von einer Unzahl von Klüften und Fugen, welche sie in viele und große schollenartige Stücke zerlegen, die sich seit den ältesten Zeiten unseres Planeten unablässig an und gegen einander verschoben haben und noch verschieben. Diese Klüfte, welche die einzelnen Schollen von einander trennen, bezeichnet man

[1]) Hettner, Gebirgsbau und Oberflächengestaltung der sächsischen Schweiz, pag. 43 ff.
[2]) Man bezeichnet diese sächsischen Sandsteine als Quadersandsteine.

als Verwerfungsspalten oder auch, besonders wenn sich dieselben auf weite Flächen hin in horizontalem Sinne gesprochen ausdehnen, als Bruchlinien. Die untenstehende Abbildung (Fig. 4) mag dies erläutern. Wir sehen daran, wie die dünne schwarze Schicht und mit derselben selbstverständlich auch die darüber und die darunter lagernden Sedimente verworfen sind. Diese erstere bildete ursprünglich ein zusammenhängendes horizontal gelagertes Ganzes, ist aber nun in drei verschiedenen Niveaus vorhanden, welche durch zwei Verwerfungen BB und DD gegen einander verschoben wurden. BB stellt eine vertikale, DD eine geneigte Verwerfungsspalte dar, die Abstände ab und a'b' bezeichnet man als deren Sprunghöhe, welche demnach die Größe der stattgefundenen Niveauänderungen anzeigt. Mit derartigen Verwerfungen gehen dann oftmals noch andere Vorgänge Hand in Hand, so beispielsweise das Heraufdringen glutflüssiger Massen aus dem Innern an die

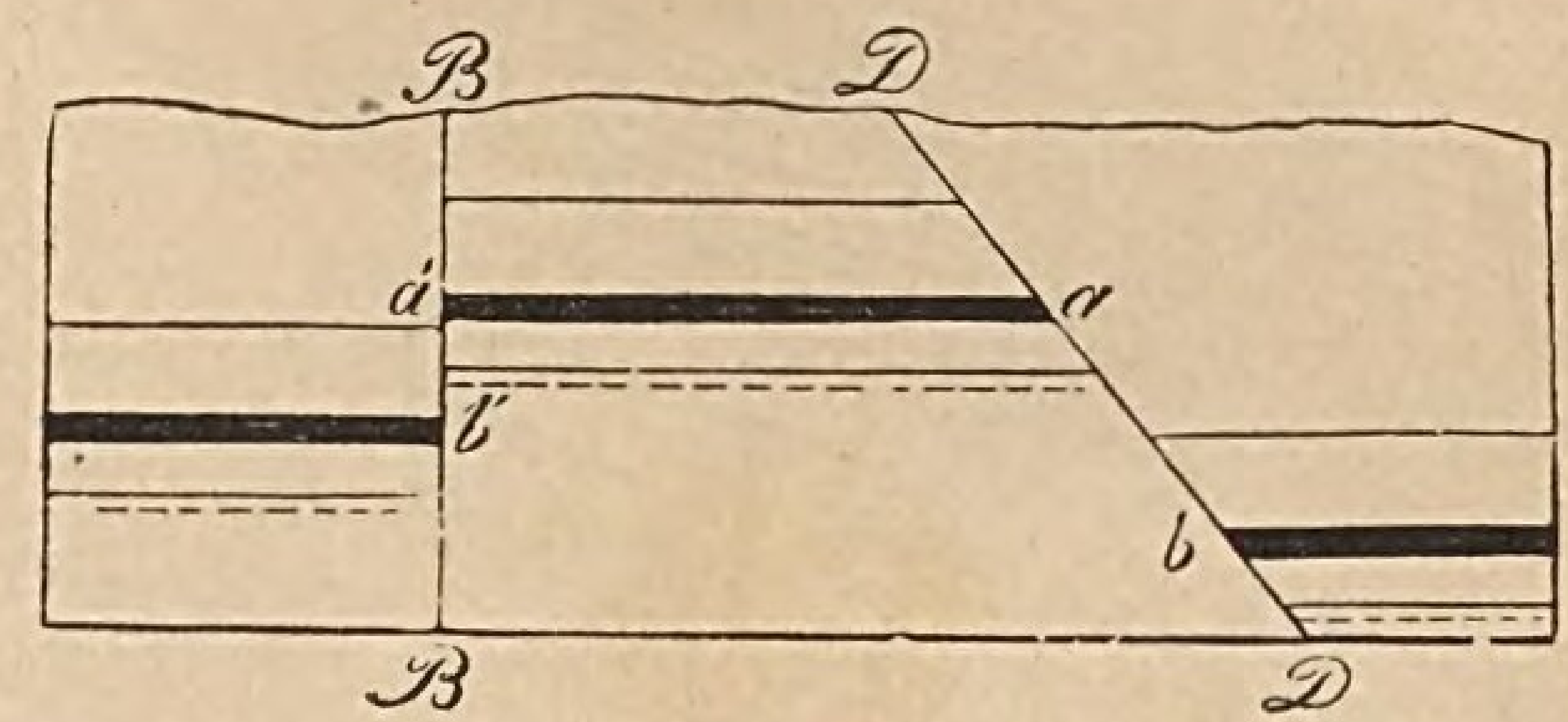


Fig. 4.
Verwerfungen. B vertikale, D geneigte Verwerfungsspalte. ab und a' b' Sprunghöhe.

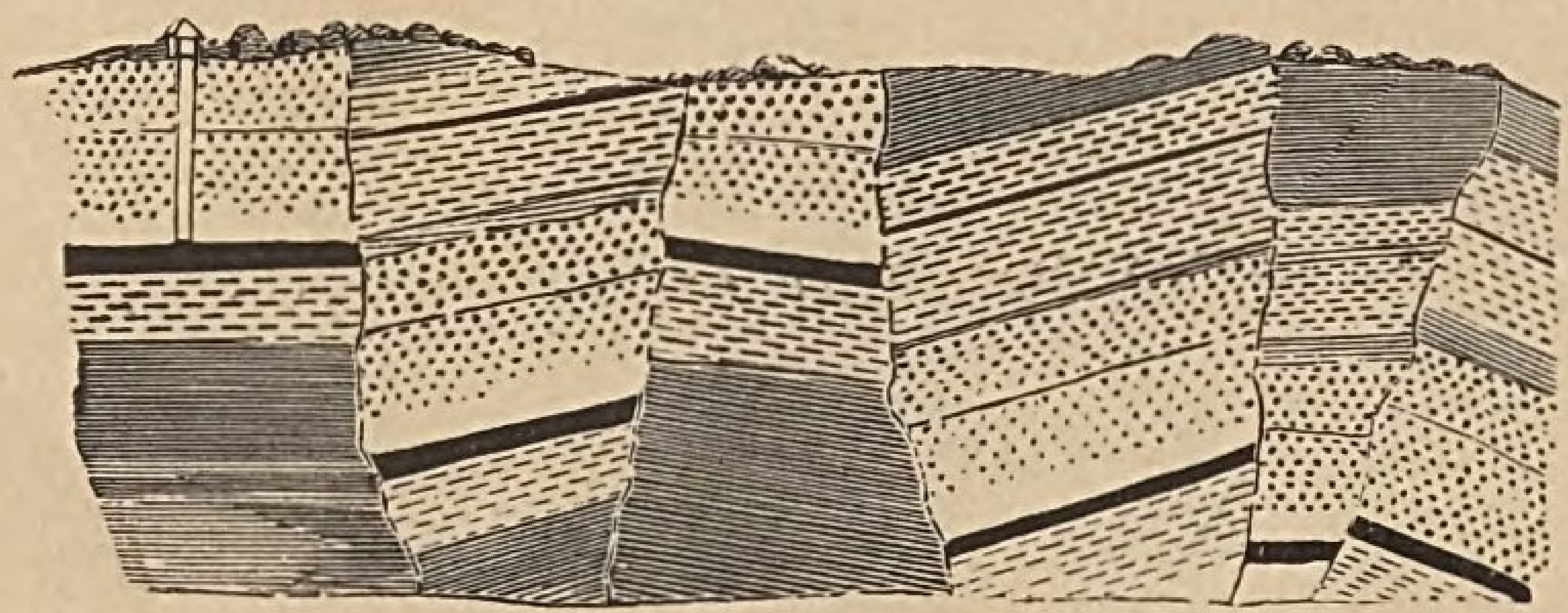


Fig. 5.
Vielfach verworfene Schichten der Steinkohlenformation von Auckland in Durham.

Oberfläche der Erde, das Entstehen von Vulkanen, u. a. m. In Fig. 5 ist ein von vielen Verwerfungen getroffenes Stück der Steinkohlenbildungen von Auckland in Durham im Durchschnitt wiedergegeben. Dieses Schema mag ein Bild zur Anschauung bringen von diesen auf Erden so ungemein viel verbreiteten Erscheinungen, welche dem Geologen und dem Bergmann bisweilen gar sehr zu

schaffen machen. Sehr oft tritt eine Verwerfungsspalte nicht für sich allein auf, sondern in Begleitung einer Reihe von anderen, die dann entweder einander parallel laufen oder sich auch unter beliebigen Winkeln schneiden können. Dies geht ja schon aus dem vorigen Bilde hervor. Gehen diese Verwerfungen einander parallel, so nennt man dieselben treppenförmige (Fig. 6).

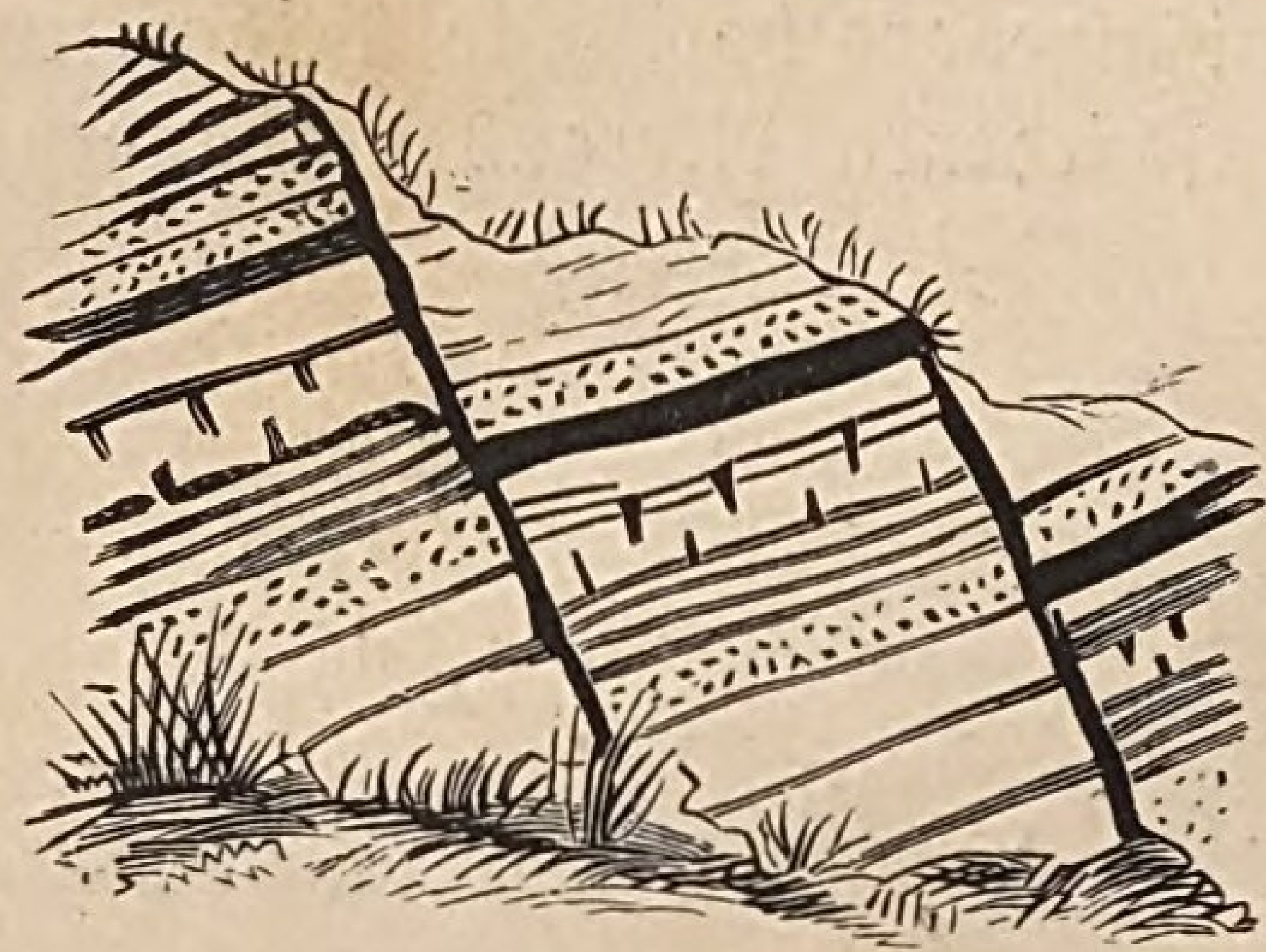


Fig. 6.
Treppenförmige Verwerfung.

Infolge dieser eben geschilderten Vorgänge werden die davon betroffenen Schichtenreihen sehr oft nicht in ihrer ursprünglich horizontalen Lagerung verbleiben, sondern, wie dies auch schon in Fig. 5 u. 6 angedeutet ist, dieselben werden gestört, d. h. eine gegen den Horizont mehr oder weniger geneigte Lage einnehmen. Diese Neigung der Schichten nennt man deren Fallen. Senkrecht auf dieser Richtung steht alsdann das

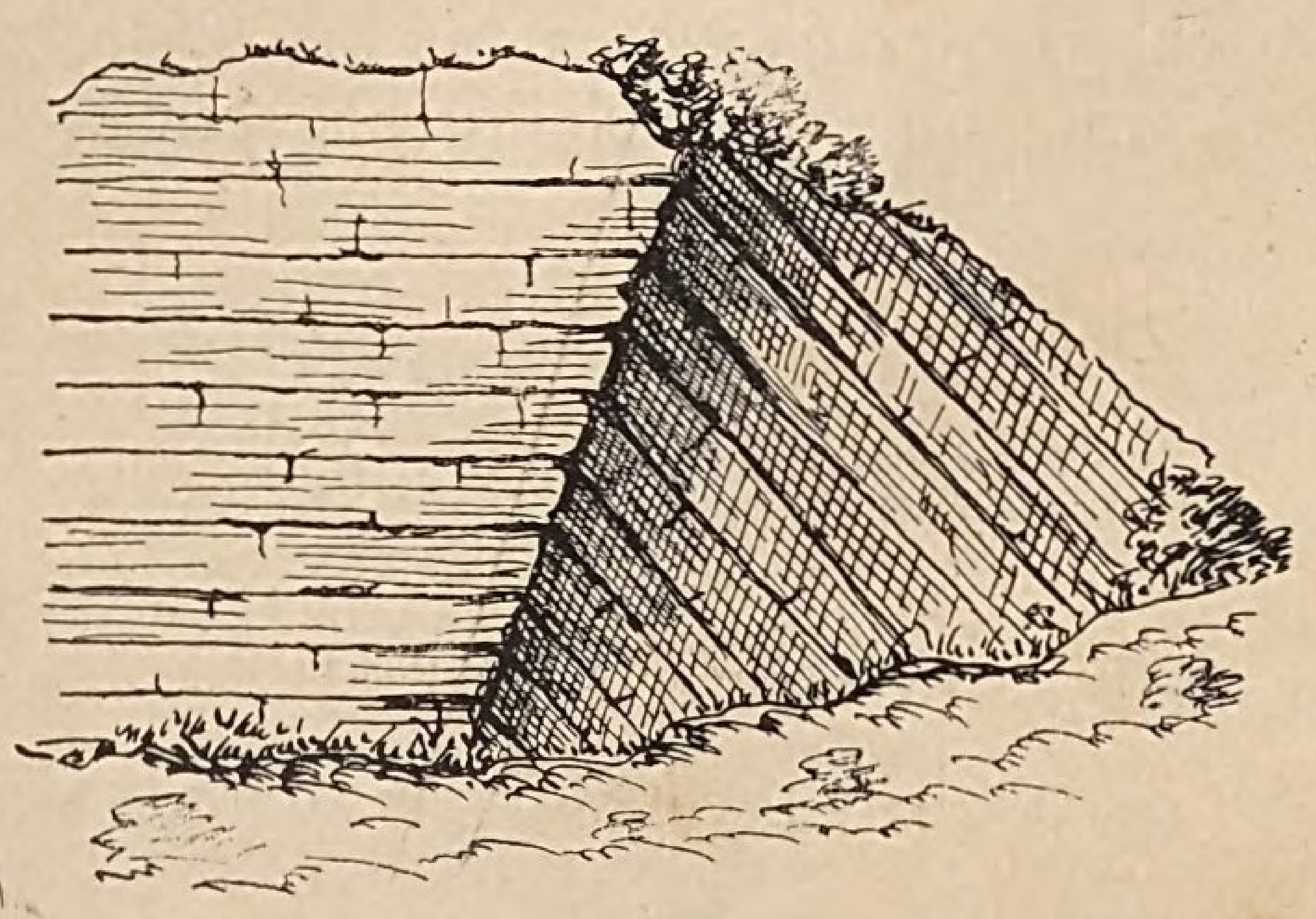


Fig. 7.
Geneigte Schichten.

Streichen der betreffenden Schichten, d. h. die Richtung ihrer größten horizontalen Erstreckung. Das Geneigtsein der Schichten gegen den Horizont, also ihr Fallen, oder auch Einfallen, kann nun sehr verschiedene Stärke besitzen und zuweilen nur den Wert weniger Grade aufweisen, anderenteils aber auch bis zu einer völligen Auf=

rechtstellung, ja sogar bis zu einer Überkippung anwachsen, so daß im letzteren Falle die ursprünglich untere Begrenzungsfläche der Schicht zur obersten wird. Senkrecht aufgerichtete Schichten bezeichnet man als auf dem Kopfe stehende (Fig. 7 u. 8).

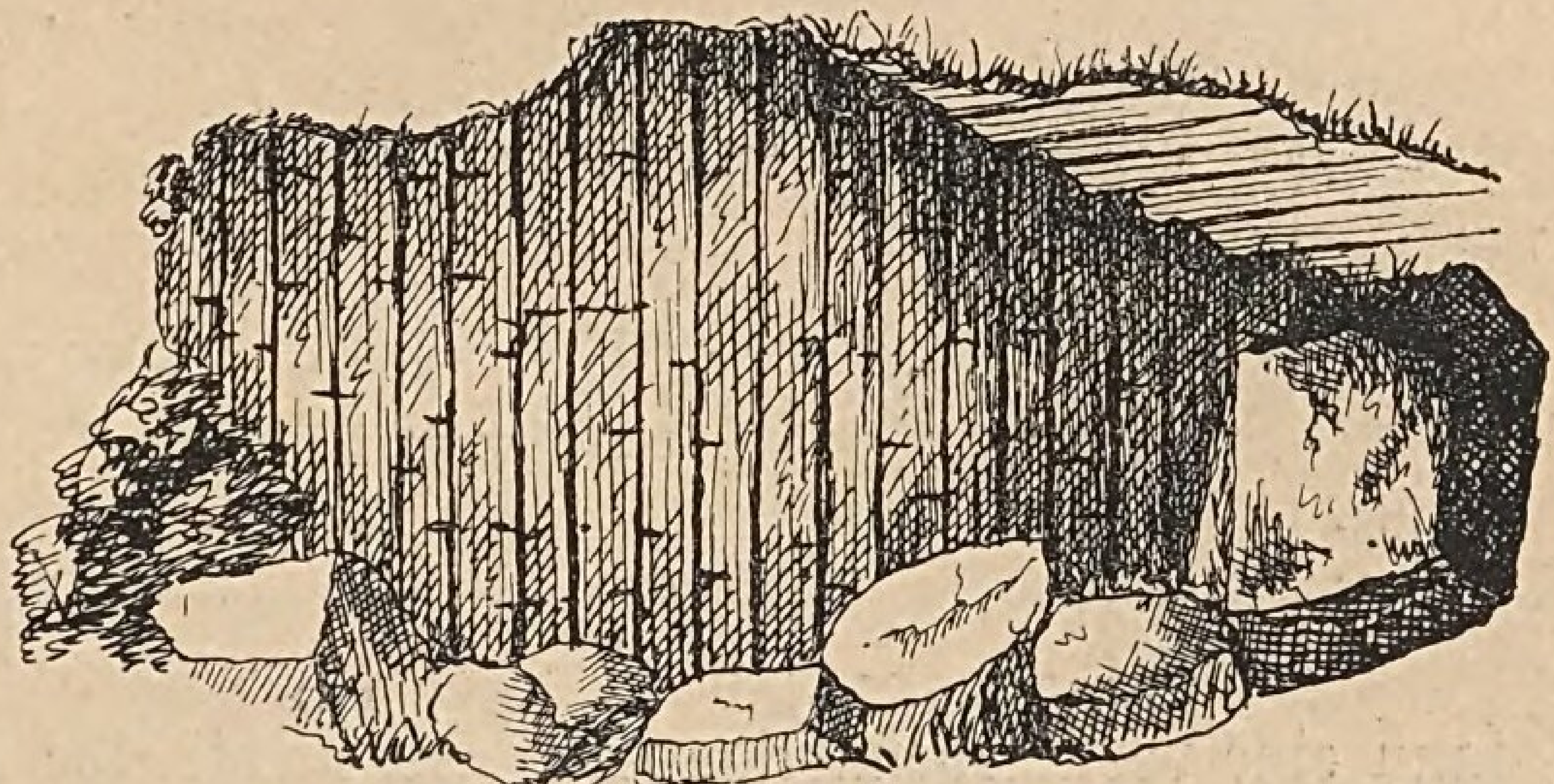


Fig. 8.
Auf dem Kopf stehende Schichten.

Die Verwerfungen und Brüche sind ein Effekt der Vertikalbewegungen unserer festen Erdkruste. In dieser letzteren gehen aber auch horizontale Bewegungen vor sich, dann tritt eine **Faltung** der Schichten ein. In gefalteten Gesteinskomplexen unterscheidet man nun die konvexen Erhöhungen, die **Sättel**, und die konkaven Vertiefungen, die **Mulden** (Fig. 9). In letzteren fallen die

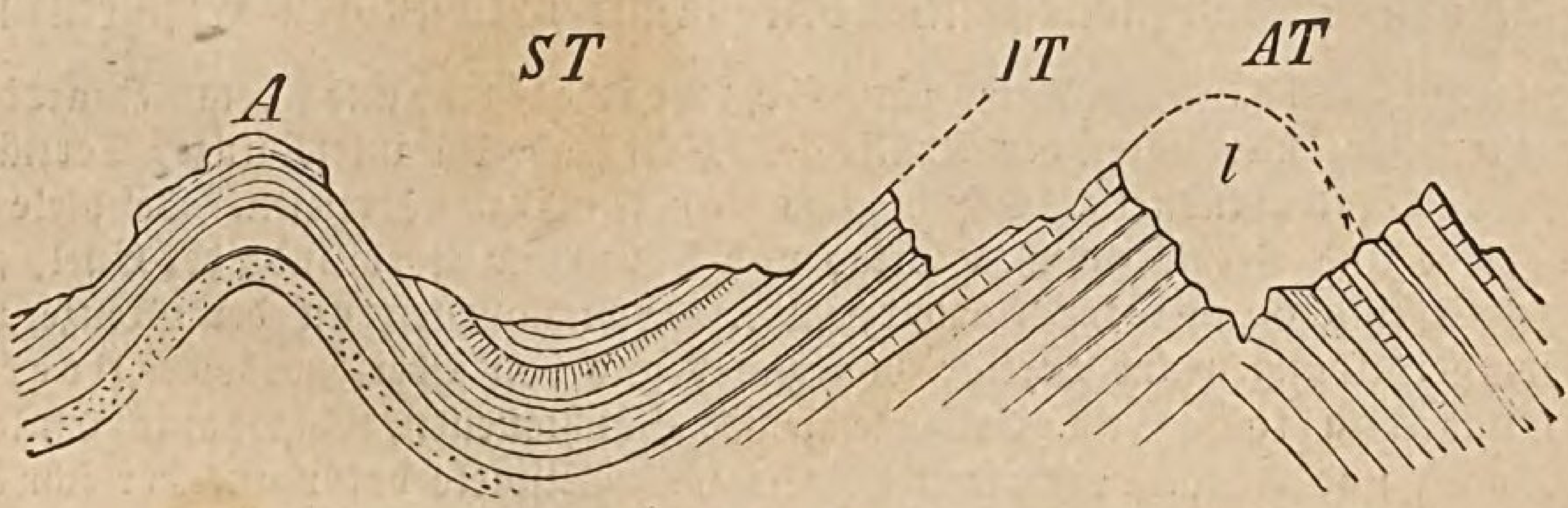


Fig. 9.
Faltungen. A und AT: Sättel; ST: Mulden; l: Luftsattel. Nach Heim.

Schichten von beiden Seiten nach einer Mittellinie hin; sie sind **synklinal** und konvergieren also, während die beiden, die Schenkel oder Flügel der Sättel bildenden Schichtenreihen divergieren. Sie liegen **antiklinal**. Tritt der Fall ein, daß ein Sattel mehr oder weniger zerstört worden ist, so daß man sich denselben durch

eine Fortsetzung der Schichten in der Luft vervollständigt denken muß, so erfolgt die Bildung eines Luftsattels (Fig 9 l). Die Ausbildung der Falten, die je aus einem Sattel und einer Mulde

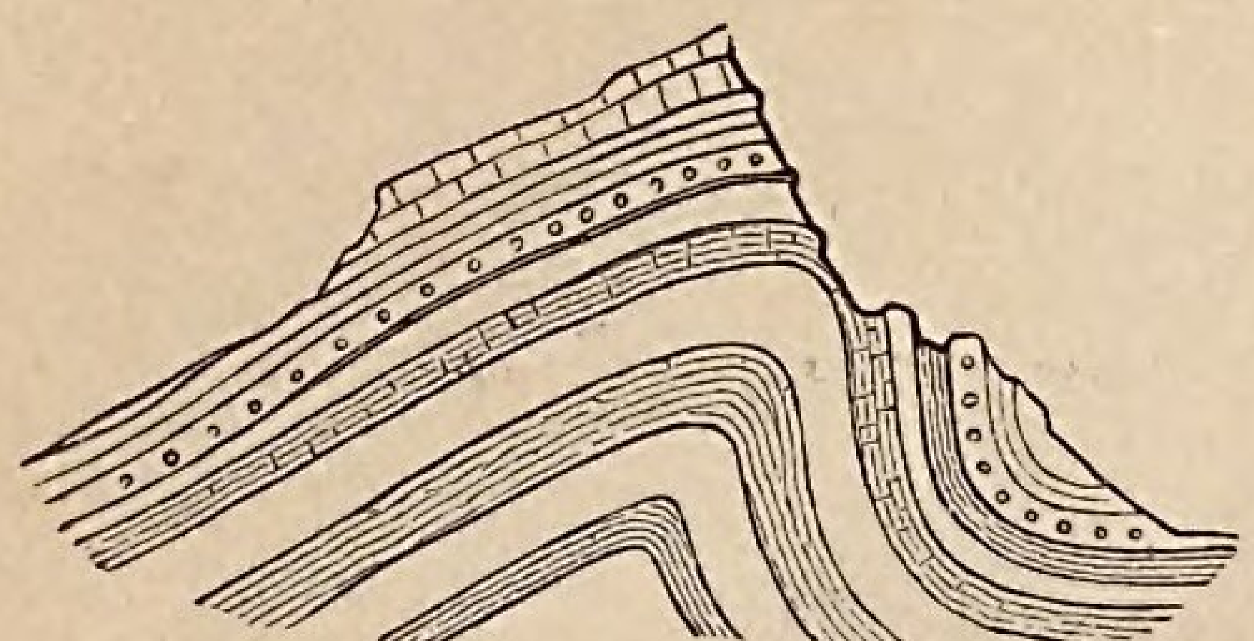


Fig. 10.
Schiefe Falte. Nach Heim.

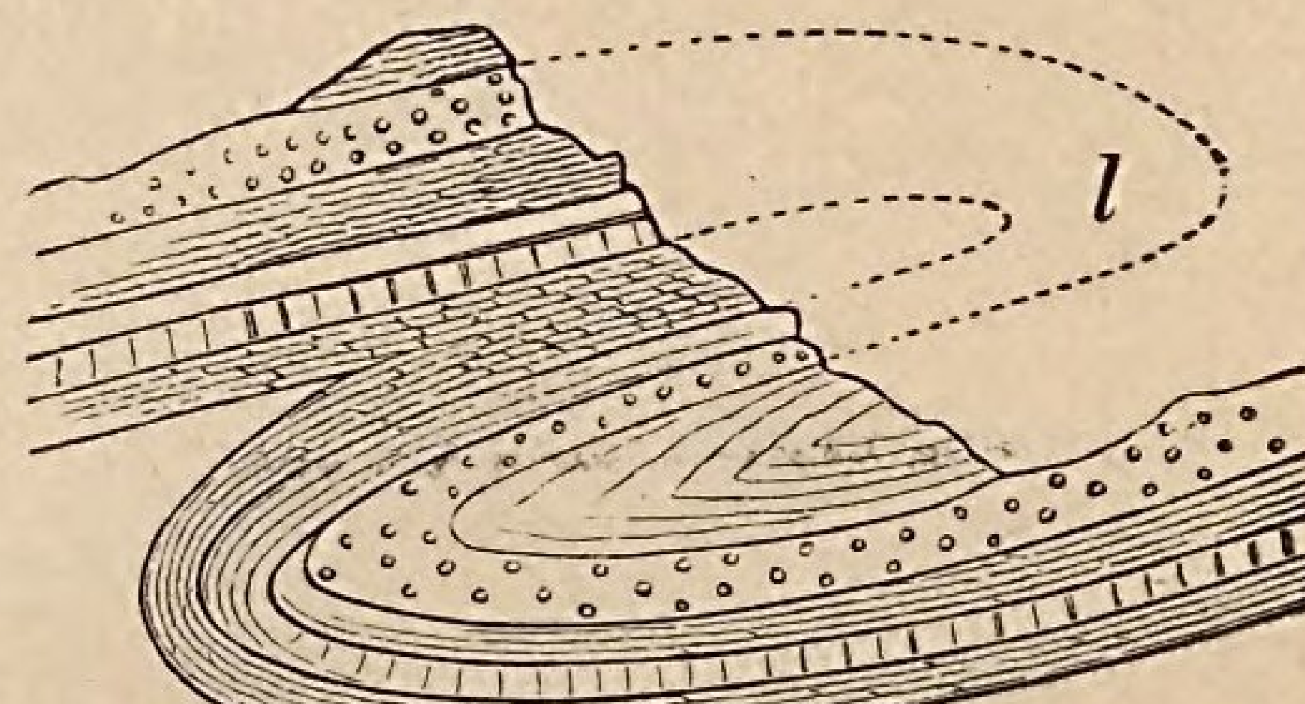


Fig. 11.
Liegende Falte mit Luftsattel (l). Nach Heim.

bestehen, kann eine verschiedenartige sein. So ist dieselbe entweder eine symmetrische (Fig. 9 A), eine geneigte und liegende (Fig. 10) oder gar eine überhängende (Fig. 11).

Drittes Kapitel.

Von den Beziehungen der Quellen zum geologischen Aufbau ihres Areals.

1. Von den Schichtquellen und den damit verwandten Erscheinungen.

Quellenhorizonte. Beispiele für Schichtquellen aus dem Haardtgebirge. Schichtquellen über und unter der Thalsohle. Schichtquellen im Mainzer Tertiärbecken, im sächsischen Quadersandstein. Schichtquellen an Formationsgrenzen. Beispiele hiefür: zwischen Trias und Perm, zwischen Trias und Devon am Nordrande der Eifel, zwischen Buntsandstein und Granit im Schwarzwalde. Schichtquellen an der Grenze mariner und Süßwasserbildungen im Tertiär von Paris und von Oberschwaben. Überfallsquellen und Spaltquellen. Beispiele hiefür: Schichtquellen, bedingt durch Einlagerung von Erzgängen und Gängen eruptiven Materials. Beispiele dafür aus der schwäbischen Alb und der sächsischen Schweiz. Mehrere Quellenhorizonte über einander. Beispiele hiefür aus dem Tertiär von Steiermark (Fürstenfeld), aus der schwäbischen Jura, aus der Kreide Frankreichs und Belgiens (der torrent d'Anzin). Quellenhorizonte an der Grenze loser Massen mit festem Gestein. Beispiele hiefür aus dem Diluvium und Tertiär Schwabens und Schleswig-Holsteins.

Der denkbar einfachste Fall der Quellbildung wird derjenige sein, wenn ein nur wenig geneigtes Schichtensystem aus einer oberen Lage wasserdurchlässiger und aus einer unteren wasserundurchlässiger Gesteine besteht und von einem oder mehreren

Thälern oder Schluchten angeschnitten wird, welche bis an die Grenze beider Gesteinsschichten hinabreichen. Ist nun die Neigung dieser letzteren gegen das Thal hin gerichtet, so wird an der besagten Grenzschicht ein Quellenhorizont entstehen, d. h. die auf die oberen, wasserdurchlässigen Gesteine niederfallenden Niederschläge, welche von diesen aufgenommen wurden und bis zur obern Grenze der wasserundurchlässigen vordrangen, werden hier in der Gestalt von einer oder mehreren Quellen, je nach den lokalen Verhältnissen, hervortreten müssen. Wir wollen ein Beispiel hiefür aus der interessanten Arbeit über das Vorkommen natürlicher Quellen in den pfälzischen Nordvogesen, welche der Dr. Leppla erst kürzlich veröffentlicht hat, wählen [1]). Schon in der Einleitung hatten wir Gelegenheit, einige Daten daraus anzuführen.

Im ganzen südöstlichen Teile des Haardtgebirges, im Wasgau, bilden die untersten Schichten des Hauptbuntsandsteins durch das ganze Gebirge hin einen Hauptquellenhorizont. Der Hauptbuntsandstein stellt nämlich infolge seiner Klüftung und seiner vielen kapillaren Hohlräume im großen und ganzen eine wasserdurchlässige Schichtenreihe dar, deren Mächtigkeit von 350 Meter hinreichend Gewähr für Ansammlung größerer Wassermassen bietet. Das Liegende des Hauptbuntsandsteins besteht aus roten Schieferthonen und thonigen Sandsteinen, welche eine im allgemeinen wenig durchlässige Schichtenfolge bilden. Es werden demnach die auf dem Hauptbuntsandstein niedergehenden Atmosphärilien niedersinken bis zur Grenze der ebenerwähnten, in seinem Liegenden befindlichen Ablagerungen, die wir kurzweg als Rötelschiefer bezeichnen wollen. Hier sammeln sich die Gewässer größtenteils über den undurchlässigen Schichten im Hauptbuntsandstein auf. Das Haardtgebirge besitzt nun eine nur geringe Neigung seiner Sandsteinschichten, die nach Nordwesten gerichtet ist und deren Neigungswinkel zwischen 0.5 bis 2 Grad schwanken mag. Dieselbe genügt aber vollständig, um das im Hauptbuntsandstein über den Rötelschiefern angesammelte Wasser ebenfalls nordwestlich abfließen zu lassen. An den N.-W.-Abhängen der Berge wird man die Grenze zwischen beiden Schichten an den infolge des Wasseraustritts feuchten Streifen leicht erkennen können, an den tiefsten Stellen der Grenzschicht jedoch muß sich das abfließende Wasser zu einer Quelle sammeln, deren Stärke von der Oberfläche und dem Raum-

---

[1]) Zeitschrift für praktische Geologie, 1893, pag. 100 ff.

inhalt der Hauptbuntsandsteinkuppe des betr. Berges natürlich abhängen wird. Wir nehmen als Beispiel für die soeben geschilderten Verhältnisse den westlichen Abhang des Weimersberges in der Haardt und geben untenstehend einen geologischen Durchschnitt durch denselben, u. z. von Nordwesten nach Südosten. Die Linie A—A1 giebt die nach Nordwesten schwach geneigte Grenze zwischen dem Hauptbuntsandstein HS und den Rötelschiefern RS an, also den Quellenhorizont. Die darüber angesammelten Niederschläge A—A2—A1 treten bei A1 in der Gestalt von Quellen aus, weil hier der Wasserstand am höchsten über dem Quellenhorizont steht und demnach auch den größten Druck ausüben muß (Fig. 12).

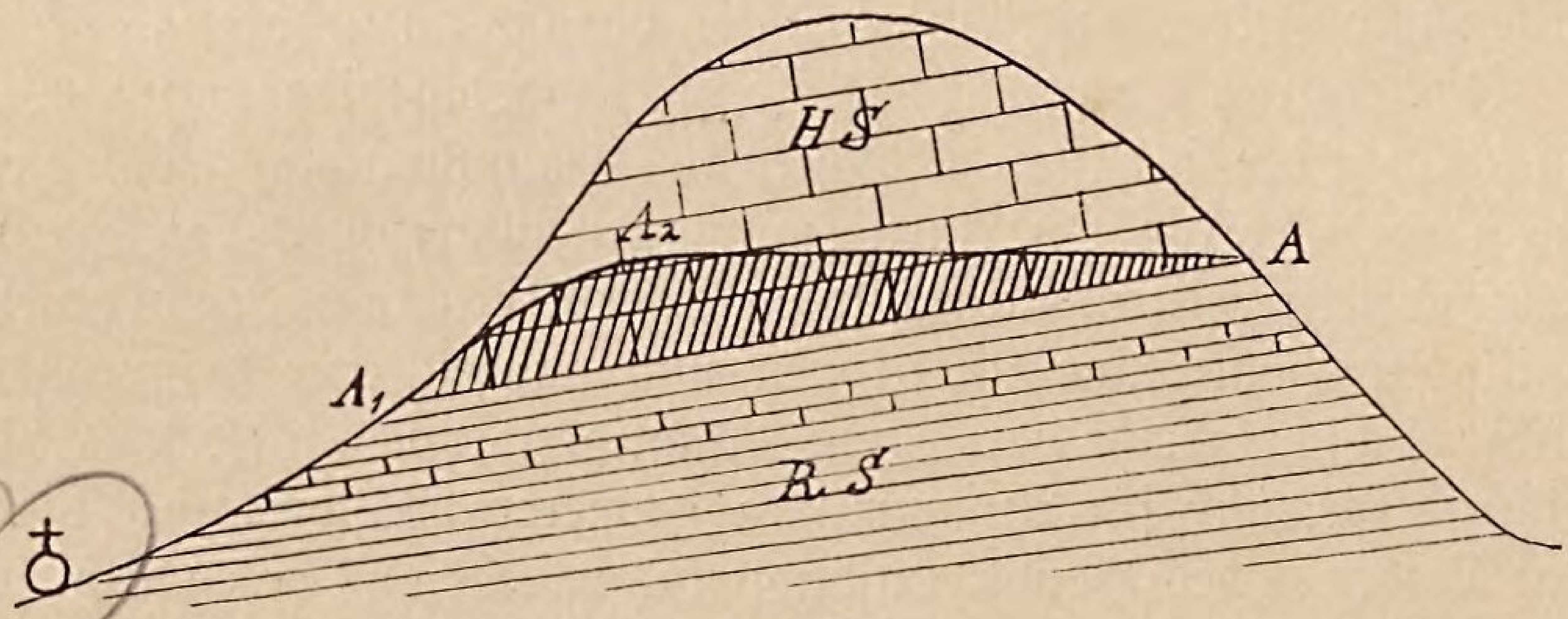


Fig. 12.
Schichtquelle im Buntsandstein. Nach Leppla.

Der soeben geschilderte Fall ist ein gutes Beispiel für die Art der Quellenbildung, wenn der Quellenhorizont über dem Thalboden, über der Thalsohle liegt. Wenn der letztere jedoch unter die Thalsohle sinkt, so sind die Verhältnisse etwas andere. Auch diese wollen wir von einem Vorkommen der Haardt, hier ebenfalls wieder den Darstellungen Lepplas folgend, exemplifizieren Wenn in dem ebengenannten Gebirge der Quellenhorizont unter die Thalsohle sinkt, so muß sich das im Hauptbuntsandstein angesammelte Wasser mit dem Grundwasser der Thäler vereinigen. Die Oberfläche des Grundwassers und ebenso diejenige des Sickerwassers, welches sich in wasserdurchlässigen, aber nicht von wasserundurchlässigen Schichten bedeckten festen Gesteinsablagerungen ansammelt, haben die Tendenz im allgemeinen den äußeren Niveauunterschieden zu folgen. Vom Thal gegen das Gebirge zu steigt das Grund- resp. Sickerwasser an; mit anderen Worten, die Grund- resp. Sickerwasserwelle bildet im Gebirge einen Wellenberg und im

Thale ein Wellenthal. Die der Arbeit Lepplas entnommene Fig. 13 mag dies erläutern. A ist hier der Wellenberg der Sickerwasserwelle über dem Quellenhorizont, A_1 das Wellenthal für denselben, B der Wellenberg des Thalgrundwassers und des in dem Rötelschiefer enthaltenen, mit demjenigen des Buntsandsteins aber nicht in Verbindung stehenden Sickerwassers, B_1 deren Wellenthal. Nun ist der Druck, der sich hier im Grundwasser vom Scheitel eines Wellenberges bis zur Sohle eines Wellenthales geltend macht, nicht groß genug, daß dadurch Quellen des Thalgrundwassers im Thal selbst hervorgerufen werden könnten. Wenn aber

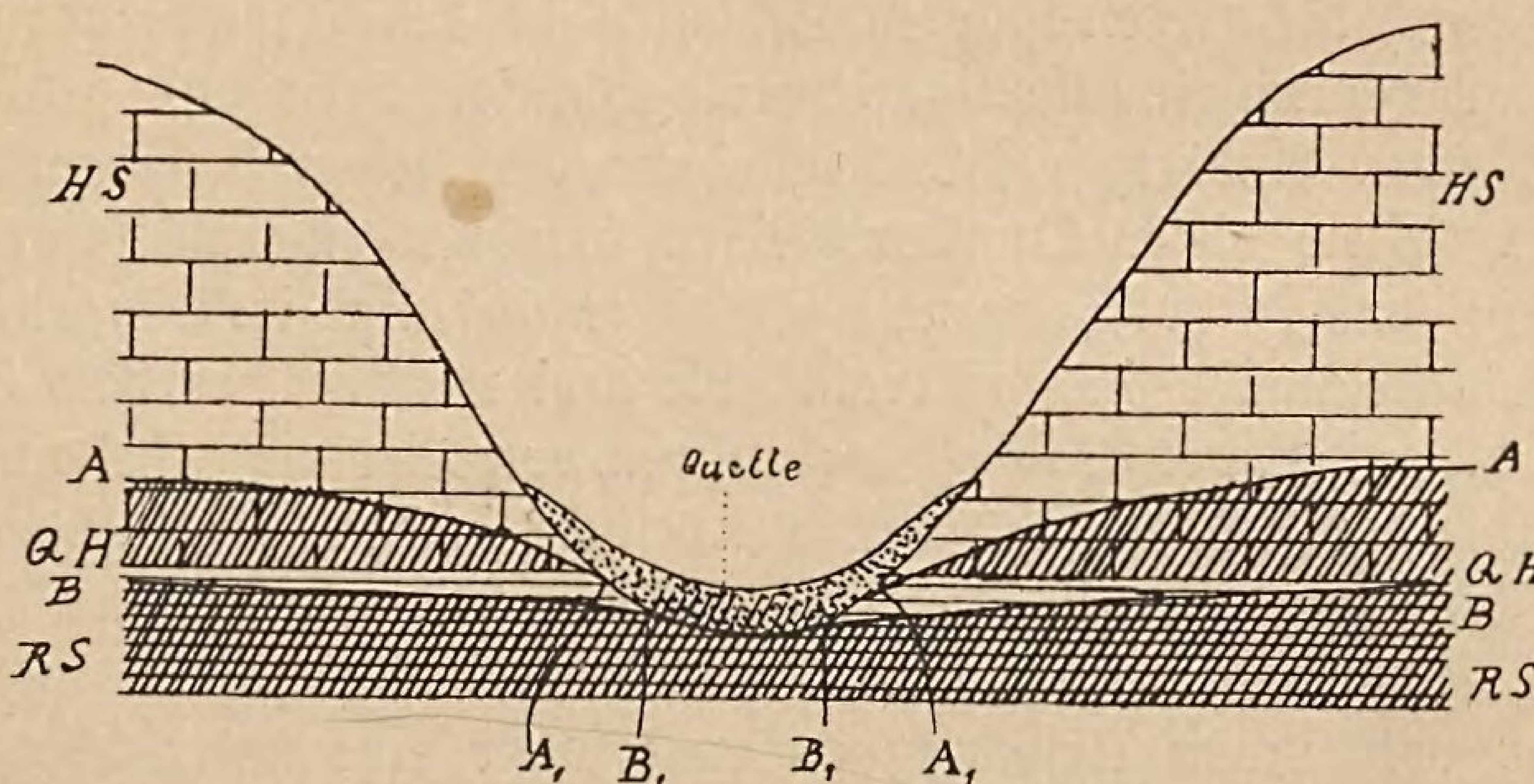


Fig. 13.
Schichtquelle unter der Thalsohle, im Buntsandstein. Nach Leppla.

das Thalgrundwasser erhöht wird durch das über dem Quellenhorizont zwischen dem Hauptbuntsandstein und dem Rötelschiefer angesammelte Wasser, so wird natürlich auch der Druckunterschied zwischen dem Scheitel des Wellenberges und der Sohle des Wellenthales ein größerer, und es müssen auf dem Thalboden selbst, und zwar in den diesen bedeckenden losen alluvialen Gebilden starke Quellen entspringen. Im Haardtgebirge zeigen sich beispielsweise solche Verhältnisse überall da, wo die Grenze zwischen Hauptbuntsandstein und Rötelschiefer sich den Thalsohlen nähert. Da, wo die Quellen austreten, haben sich oftmals größere und kleinere Wasseransammlungen, sogenannte Quellteiche, gebildet, und in diesen dringt dann das unter einem gewissen Druck stehende Wasser von unten nach oben, indem es den Sand, welcher den Aufsteigkanal verschließen will, immer wieder nach oben mit fortreißt.

Quellen, welche Verhältnissen von der Art, wie wir sie in den vorhergehenden Vorkommnissen und Beispielen kennen gelernt haben, ihr Dasein verdanken, welche also an der Grenze einer wasserführenden und einer wasserundurchlässigen Schicht auftreten, nennt man **Schichtquellen.** Dieselben sind überhaupt nicht selten und wir wollen im Folgenden noch einige weitere Areale betrachten, denen derartige Quellenbildung eigen ist. Der westliche Teil des Mainzer Beckens stellt eine breithügelige Gegend dar, deren Untergrund aus horizontal gelagerten, in ihrer Wasserhaltigkeit aber sehr ungleichen Tertiärschichten besteht. Dadurch wird eine große Zahl sehr starker Quellen hervorgerufen, indem das Sickerwasser leicht durch die oberen lockeren Schichten in den Boden eindringt, dann aber durch eine thonige Unterlage aufgehalten und genötigt wird, einen Ausweg an den Rändern der kleinen Plateaus zu suchen. Viele dieser Quellen treiben kurz nach ihrem Ursprung verhältnismäßig hochgelegene Mühlen, so diejenige im Sörgenloch, die Wingertsmühle in Niederolm, die drei Mühlen oberhalb Elsheim, diejenigen von Sauerschwabenheim, von Niederingelheim u. s. f. Auch die starke Quelle des Münsterweihers in den Festungswerken von Mainz gehört in diese Kategorie. Die Seebachquelle in Westhofen entspringt mit solcher Stärke, daß sie schon wenige Meter von ihrem Ursprung entfernt sogar eine unterschlächtige Mühle zu treiben vermag. Die Erscheinung ist demnach eine ziemlich allgemeine für diese Gegend und gänzlich in ihrem geologischen Bau begründet[1]).

Ausgezeichnete Schichtquellen finden wir auch in der sächsischen Schweiz, z. B. da, wo dem Quadersandstein dieses Areals eine Mergelschicht oder ein thoniger Sandstein, der sogenannte „Pläner", eingelagert ist. Auf diesem Pläner treten nach Hettner[2]) alle Quellen um den Schneeberg zu Tage, welche die Biela, den Cunnersdorfer und den Krippenbach bilden (zwischen 540 und 560 Meter). Die Quellen der Schweizermühle sind darauf zurückzuführen, ebenso diejenigen von Königsbrunn, welche zur Begründung der dortigen Wasserheilanstalten Veranlassung gaben. Nach dem Genannten soll auch die mächtige Wasserschicht, welche den tiefen Brunnen der Feste Königstein, 180 Meter unter der Oberfläche,

---

[1]) Cotta, Deutschlands Boden, I, pag. 314.

[2]) Gebirgsbau und Oberflächengestaltung der sächsischen Schweiz, pag. 47. Cf. auch: Beck, Sektion Hohnstein-Königstein der geol. Spez.-Karte v. Sachsen, a. v. O.

speist, auf dem Pläner ruhen; nach den neuen Angaben von Beck[1]) jedoch ist dies letztere nicht der Fall, denn der Brunnen, dessen Tiefe häufig überschätzt wurde, geht nur bis zu 152.5 Meter unter der Oberfläche, kann also sein Wasser nicht auf der Plänerschicht erhalten, die unter der Feste in weit größerer Tiefe zu vermuten ist. Der Brunnenschacht wurde neuerdings durch Bergleute amtlich untersucht, und es ergab sich, daß die Hauptmenge des den Brunnen speisenden Wassers aus einer bereits in 139 Meter Tiefe vorhandenen Schichtfuge des Quadersandsteins quillt. Dem Pläner verdanken übrigens auch, als Spaltquellen, die starken Wasseradern im Grunde der Langen Biela oberhalb Herrenkretschen ihren Ursprung[2]) (Fig. 14).

In den von Buntsandstein bedeckten Gebieten Deutschlands liegen die Verhältnisse analog etwa denjenigen in der Haardt

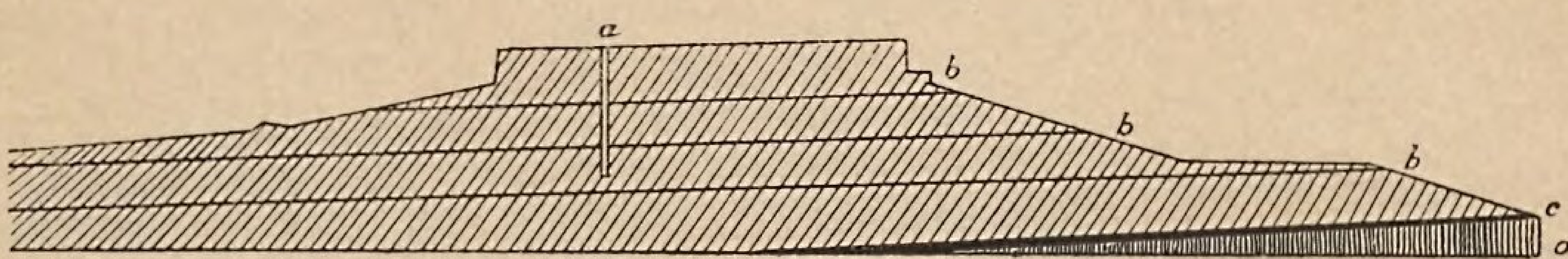


Fig. 14.
Der tiefe Brunnen auf der Feste Königstein in Sachsen. Nach R. Beck. a: Brunnenschacht; b: Quadersandstein mit Inoceramus Brongniarti; c: Pläner mit Inoceramus Brogniarti; d: Quadersandstein mit Inoceramus labiatus.

welche Leppla geschildert hat. In dieser für unser Vaterland so ungemein wichtigen Schichtengruppe treten die bedeutendsten Quellenhorizonte immer selbstredend dort auf, wo die mächtigen Lettenlager sind, d. h. an der oberen und unteren Grenze der Formation[3]). So sammelt der obere Grenzletten des Röt die Gewässer des auf demselben ruhenden unteren Muschelkalks[4]), der untere Grenzletten, der auch unter dem Namen Leber- und Bröckelschiefer läuft, die Sickerwasser des unteren und wohl auch des mittleren Buntsandsteins. Wo dieser untere Letten nicht ausgebildet ist, wo also der Sandstein direkt auf den älteren Bildungen auflagert, da treten an der Grenze gegen diese Wasserhorizonte auf, so beispielsweise an derjenigen gegen die Letten des Rotliegenden,

[1]) loc. cit.
[2]) Hettner, loc. cit.
[3]) Küster, Die deutschen Buntsandsteingebiete, Seite 32 ff.
[4]) Bücking, Erläuterung zum Blatt Oberkatz der geol. Karte von Preußen und der thüringischen Staaten, Lief. 37, pag. 12. Derselbe, Erläuterung zum Blatt Helmershausen, ibid. pag. 5. Derselbe, Der nordwestliche Spessart, pag. 6, 177.

oder gegen das Urgebirge, oder, wie am Nordrande der Eifel, in der Gegend zwischen Commern, Zülpich und dem Roerthale, gegen das Devon. Dieses besteht hier vorherrschend in der Ausbildung feinkörniger Grauwacken oder Thonschiefer, die der Buntsandstein, mit einer rötlich gefärbten, die Vertiefungen der Oberfläche des gestörten Devon ausfüllenden, daher an Mächtigkeit sehr wechselnden Konglomeratbildung beginnend, überlagert. An dem Abhange des Roerthales und der dahin abfallenden Schluchten ist die Grenze beider Formationen durch den Schotter des Konglomerates bedeckt, das von den senkrechten Felswänden herabstürzt und sich auf der Böschung des devonischen Thonschiefers anhäuft. Nichtsdestoweniger ist aber hier die Grenzlinie ständig ausgezeichnet durch das Auftreten von Quellen, die stellenweise so wasserreich sind, daß sie gleich unterhalb ihres Erscheinens Mühlen treiben können, so

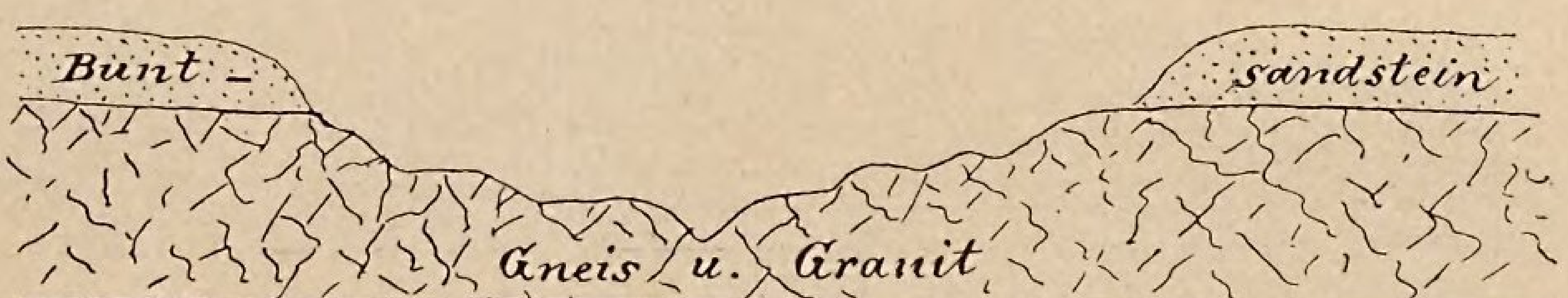


Fig. 15.
Quellenhorizont an der Grenze zwischen Buntsandstein und krystallinischem Gebirge im Schwarzwald. Nach B. v. Cotta.

bei Heimbach, Abenden, Niedegger-Brück. Den gleichen Umständen verdanken noch eine Reihe anderer Quellen dieses Gebietes ihre Entstehung, so die starken Wasserläufe am oberen Ende von Commern auf beiden Ufern des Bleibachs u. s. f. [1]).

Im Schwarzwald, in dem zwischen der Kinzig und der Murg belegenen Gebiete, entspringen an dem Rand zwischen Buntsandstein und dem darunter lagernden Granit und Gneis viele Quellen [2]). Diese eben genannten Gesteine erreichen hier fast überall nur ein Höhenniveau von ca. 600 Meter über Meer. Darüber folgt dann die Buntsandsteinbedeckung. Es lassen sich da zuweilen gleichsam zweierlei Thalbildungen in einander unterscheiden, u. z. eine obere meilenbreite und einförmige Thalrinne zwischen den Sandstein-

[1]) Blankenhorn, Die Trias am Nordrande der Eifel zwischen Commern, Zülpich und dem Roerthale. In: Abhandlungen geol. Spez.-Karte von Preußen u. s. f. Bd. VI, Heft 2, pag. 11 ff.

[2]) Eck, Geognost. Beschreibung der Gegend von Baden-Baden, Rothenfels u. s. f.; in: Abhandlungen d. k. preuß. geol. Landesanstalt, Neue Folge, Hft. 6, pag. 653 ff.

plateaus und eine untere, sehr vielteilige im Granit-Gneisgebiete. Soweit das letztere reicht, sind die Gehänge von einer Menge kleiner und unregelmäßiger Seitenthäler zerschnitten, deren Anfangspunkte gewöhnlich alle am Quellenhorizonte, am Rande der Sandsteinplateaus liegen, in die sie nicht hineinreichen (Fig. 15)[1]. An der Grenze zweier Formationen sind also, wie wir sahen, Schichtquellen keine seltenen Erscheinungen, teils aus tektonischen Ursachen, wie z. B. wegen diskordanter Lagerung, teils wegen verschiedener Durchlässigkeitsfähigkeit der in Betracht kommenden Schichten, wie in den schon angeführten Beispielen, denen wir noch zwei weitere

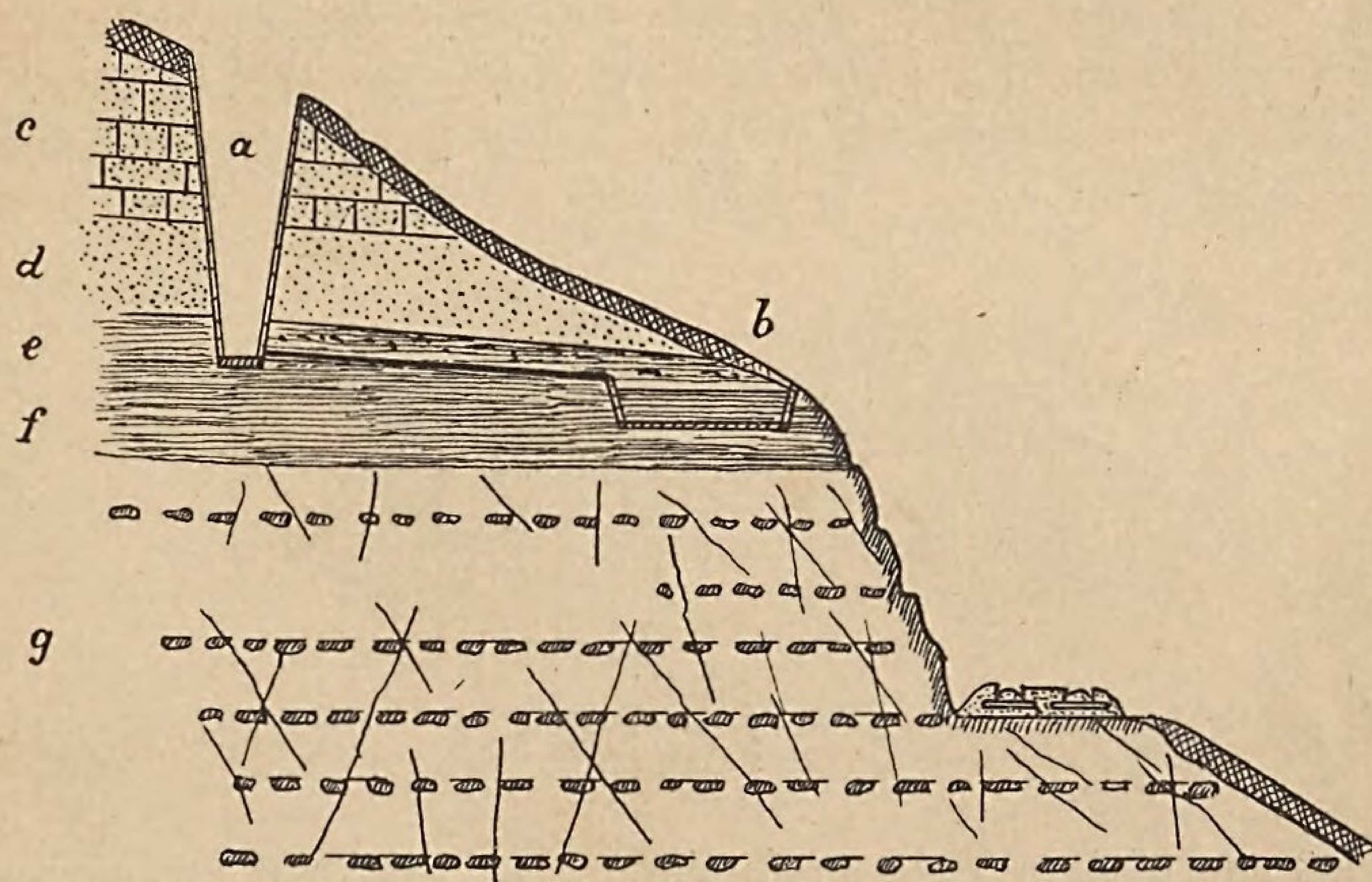


Fig. 16.
Quellenhorizont im Tertiär von Paris. Nach G. Ramond und G. Dollfus. a: Brunnenschacht mit Leitung zum Reservoir b; c: Untere gipsführende Kalke; d: Sande von Soissons; e: Thone mit Lignit und Cyrena; f: Plastische Thone; g: Weiße Schreibkreide.

folgen lassen wollen. Im Pariser Tertiärbecken folgen auf die, von lokalen Zwischenbildungen brackischer und mariner Natur abgesehen reinen Süßwasserablagerungen der plastischen Thone brackische und echte marine Sedimente, die Sande von Soissons und der Grobkalk, und an dieser Grenze ist meist ein ausgezeichneter Quellenhorizont zu finden, besonders da, wo zwischen dem Grobkalk und dem plastischen Thone die Sande von Soissons stark entwickelt sind (Fig. 16)[2]. Übrigens enthält auch der Grobkalk selbst wasser-

---

[1]) Cotta, Deutschlands Boden, I, pag. 329.

[2]) Ramoud et Dollfus, Notice explicative du profil géologique du chemin de fer de Mantes à Argenteuil. In: Bulletin d. la Soc. géol. de France 1891, pag. 978 ff.

haltige Schichten, und sonst sind ebenfalls noch über diesen letzteren Quellenhorizonte zu finden, so daß wir hier ein Beispiel für das Vorhandensein mehrerer Quellenhorizonte in verschiedenen Niveaus ein und derselben Schichtengruppe hätten, von welchen Verhältnissen im Folgenden die Rede sein wird. Der unterste Quellenhorizont ist aber bei weitem der ergiebigste. In Oberschwaben finden wir an den Grenzbezirken der marinen Molasse und der Süßwassermergel (Dischinger Gegend, Schloß Taxis), oder auch auf der unteren Süßwassermolasse (Oberthalfingen bei Ulm, Kapelle im Ruhethal), also am Wechsel zweier Formationen, gute Quellenhorizonte [1]). Eine etwas andere Art der Schichtquellen zeigt uns die untenstehende Figur 17 [2]). Dieselbe findet sich nicht selten; eine Reihe von Quellen in der Umgebung von Wien gehören in diese Kategorie. Wir sehen in etwas muldenförmiger Lagerung die der

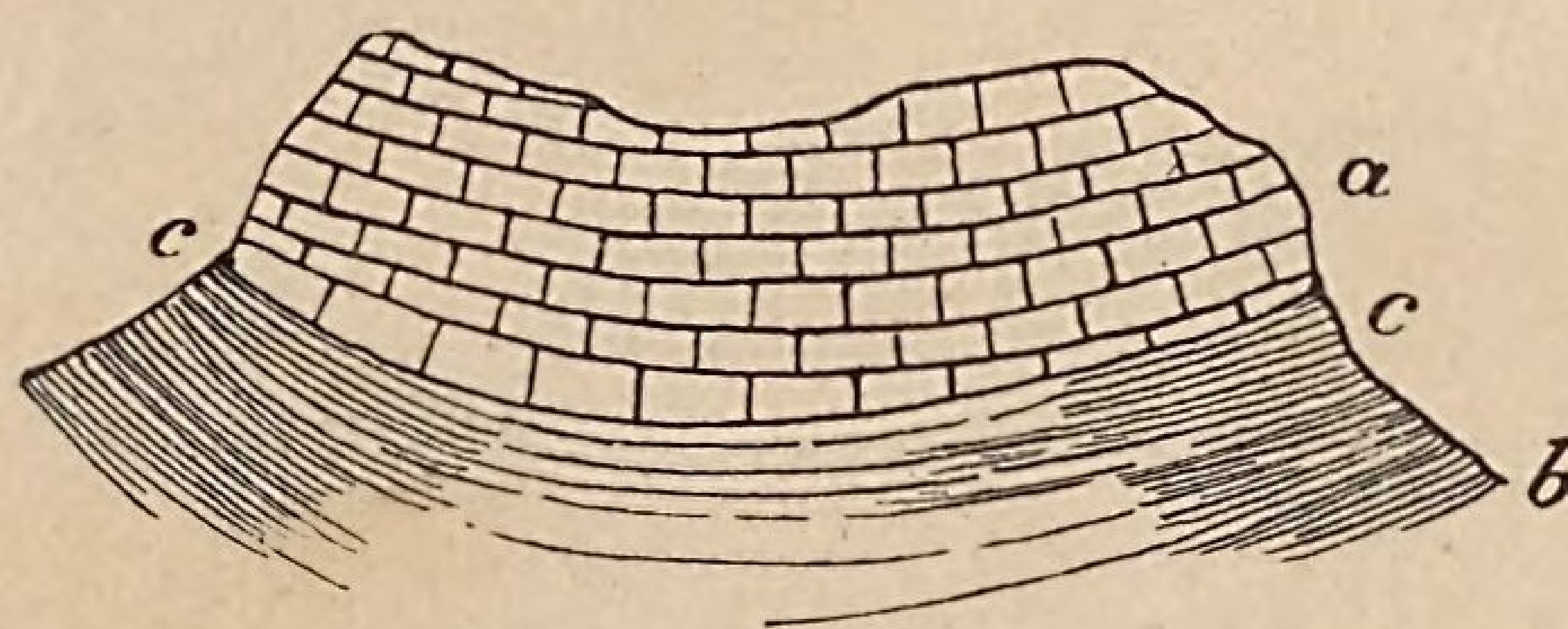


Fig. 17.
Überfallsquelle. Nach Süß. a: Kalke der oberen Trias; b: Werfener Schichten; c: Quellen.

Trias angehörigen Werfener Schichten von ziemlich undurchlässiger Beschaffenheit, und darüber einen Komplex rotgelber, der oberen Trias zugezählter, wasserdurchlässiger Kalksteine. An der Grenze zwischen beiden Sedimenten sammelt sich das Wasser an, bis dasselbe das Niveau c—c erreicht hat und als Quelle überfließen muß. Dergleichen Quellen, an und für sich nur eine Modifikation der Schichtquellen, bezeichnet man auch mit dem besonderen Namen **Überfallsquellen.** Wenn eine derartig muldenförmige Schichtenreihe in ihren wasserdurchlässigen Teilen von Spalten und Klüften durchzogen ist, so tritt das angesammelte Wasser durch diese letzteren aus, sobald sie in dessen Niveau hineinreichen. Dann entstehen **Spaltquellen.** Fig. 18 [3]) giebt uns das Bild einer solchen Spalt-

[1]) Regelmann, Die Quellwasser Württembergs. In: Württ. Jahrbücher, 1872. Fraas, in: Das Königreich Württemberg, I, pag. 425.

[2]) Nach Daubrée, Eaux sousterraines, I, pag. 257.

[3]) Nach Daubrée, Eaux sousterraines, pag. 257—258.

quelle, derjenigen von Stixenstein bei Wien, welche täglich im Minimum 38000 Kubikmeter Wasser ergiebt und ein Maximum von 43000 Kubikmeter erreicht. Der Stixensteiner Brunnen nimmt an der Speisung der Wasserleitung von Österreichs Kaiserstadt teil.

Zur Bildung einer Spaltquelle ist übrigens das Vorhandensein einer wasserundurchlässigen Schicht nicht immer durchaus nötig, denn, wenn die betreffenden Gesteine stark zerklüftet sind, so daß die Sickerwasser besonders auf diesen Spalten zirkulieren, so muß allmählich der eine dieser Wasserwege verstopft, der andere dagegen erweitert werden, so daß ein Netz von Wasseradern zur Entwickelung kommt. Wenn nun eine der zu diesem Netze gehörigen Klüfte an einem tieferliegenden Punkte zu Tage tritt, so erfolgt dann hier die Abgabe eines Teiles oder des ganzen Betrages an Wasser im

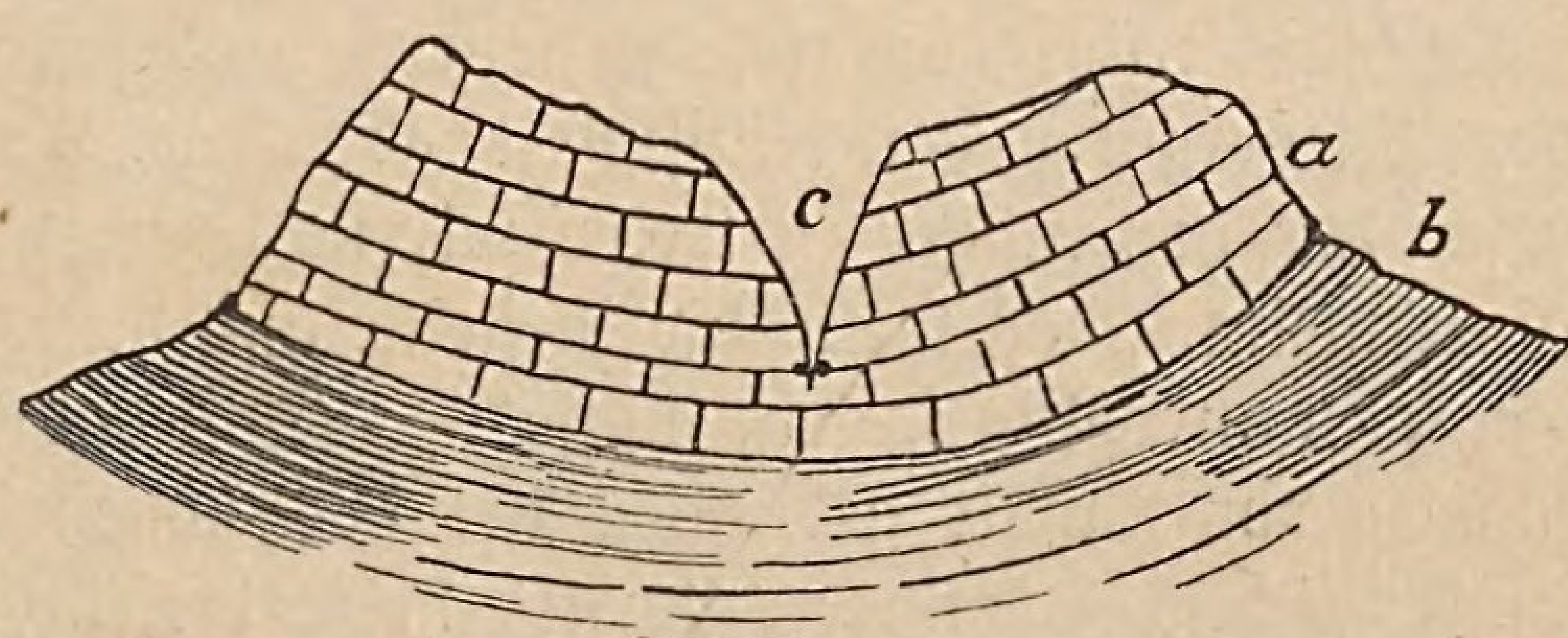


Fig. 18.
Spaltquelle. Nach Süß. a: Kalke der oberen Trias; b: Werfener Schichten; c: Quellen.

Netze von Wasseradern. So gebildete, selbstverständlicher Weise an den Gehängen der Thäler zum Vorschein kommende Spaltquellen sind beispielsweise in Buntsandsteingebieten entwickelt, kommen übrigens auch in anderen, stark zerklüfteten Ablagerungen vor, so im Juragebirge, woselbst sie große Dimensionen annehmen können (Noiraigue-Quelle, pag. 34), oder in Verbindung mit unterirdischen Hohlräumen zur Bildung von Quellen nach dem Vaucluse-Typus Veranlassung geben. Die im vorhergehenden geschilderte Varietät der Spaltquellen gehört eigentlich nicht zu den Schichtquellen und ist nur der besseren Verständlichkeit wegen hier besprochen worden.

Zum Hervorbringen einer Schichtquelle können auch dem wasserdurchlässigen Gesteine eingelagerte Gänge von eruptiven Massen oder Erzgänge beitragen. So ist, um ein Beispiel dafür anzuführen, der schwäbische Jura an gewissen Stellen von Gängen und Kuppen basaltischer Gesteine tertiären Alters durchsetzt, welche

die in die sehr porösen kalkigen Schichten des Malm eindringenden Wassermassen aufhalten und dieselben zwingen, an der Grenzschicht der Kalke mit den Basaltgängen abzufließen und am Gehänge oder im Thalgrund als Quellen zu erscheinen. Der Graf von Mandelslohe, einer der Pioniere in der geologischen Erforschung Württembergs, erzählt, daß diese Erscheinung in so konstanter Form auf der ganzen schwäbischen Alb wiederkehre, daß er aus dem Vorkommen nie versiegender Quellen auf deren Oberfläche stets auf das Vorhandensein basaltischer Gesteine am betreffenden Orte geschlossen und sich nur selten in dieser Beziehung geirrt habe[1]). Ob nun diese Erklärung für alle hier in Frage stehenden ähnlichen Vorkommnisse auf der schwäbischen Alb zutreffend ist, oder ob bei manchen derselben das Auftreten von Quellen nicht auch durch den Umstand verursacht wird, daß, wie Quenstedt betont hat, die Oberfläche der basaltischen Gesteinsbuckel sich zerklüftet oder verwittert und sich mit Wasser tränkt, die tieferen festeren und frischen Lagen dagegen den Niedergang der Flüssigkeit abhalten, das ist eine andere Frage, der hier näher zu treten wir uns versagen müssen. Der Genannte meint, „daß wenn die Gesteine aus dem Erdinnern heraufstiegen, es notwendig so sein müsse“ [2]). Daß das Wasser an das Vorkommen von Basalt gebunden ist, das haben die Eingeborenen längst richtig erkannt. Darum heißt dieses Gestein bei denselben denn auch „Wasserstein“.

In dem hier schon öfters genannten Sandsteingebirge Sachsens finden wir an der Grenze zwischen dem Quadersandstein und dem in diesen eingedrungenen Basalt ebenfalls einen Quellenhorizont. Auf diesem letztgenannten Eruptivgestein nehmen z. B. die Quellen um den Großen Winterberg ihren Ursprung. Es ist aber dieser Quellenhorizont erst nach der Ablagerung des Quadersandsteins entstanden, denn die Basalte sind postcretaceischen Alters, also erst nach der Kreidezeit aus dem Erdinnern hervorgetreten, damals aber nicht bis an die Tagesoberfläche gekommen, sondern im Sandstein stecken geblieben und erst nachträglich durch die erodierenden Kräfte freigelegt worden [3]). Wir haben also in diesen sächsischen Vorkommnissen, wie auch in denjenigen aus der schwäbischen Alb

---

[1]) Mémoire sur la constitution géologique de l'Alb. In: Mémoires de la Société d'histoire naturelle de Strasbourg, Bd. II., 1834/35.

[2]) Begleitworte zum Atlasblatt Urach der geognostischen Spezialkarte von Württemberg, pag. 22. Regelmann, Die Quellwasser Württembergs, pag. 176.

[3]) Hettner, Gebirgsbau und Oberflächengestaltung der sächsischen Schweiz.

gute Beispiele für den Umstand, wie ein Quellenhorizont durch nachträgliche Einschiebung undurchlässiger Eruptiv- oder Gangmassen in durchlässige Schichten entstehen kann, und somit Quellen an Stellen hervorgerufen werden, woselbst ursprünglich keine gewesen sind.

Wechseln in einer Ablagerung wasserdurchlässige Schichten mehrfach mit wasserundurchlässigen ab, so müssen bisweilen mehrere Quellenhorizonte über einander entstehen. Als Beispiel zur Erläuterung eines solchen Vorkommnisses wählen wir die Verhältnisse im Untergrunde der Stadt Fürstenfeld in Steiermark, deren Schilderung wir dem jüngst verstorbenen österreichischen Geologen Dr. Stur verdanken[1]). In Fig. 19 sehen wir zunächst die allgemeinen geologischen Verhältnisse des hier in Frage kommenden

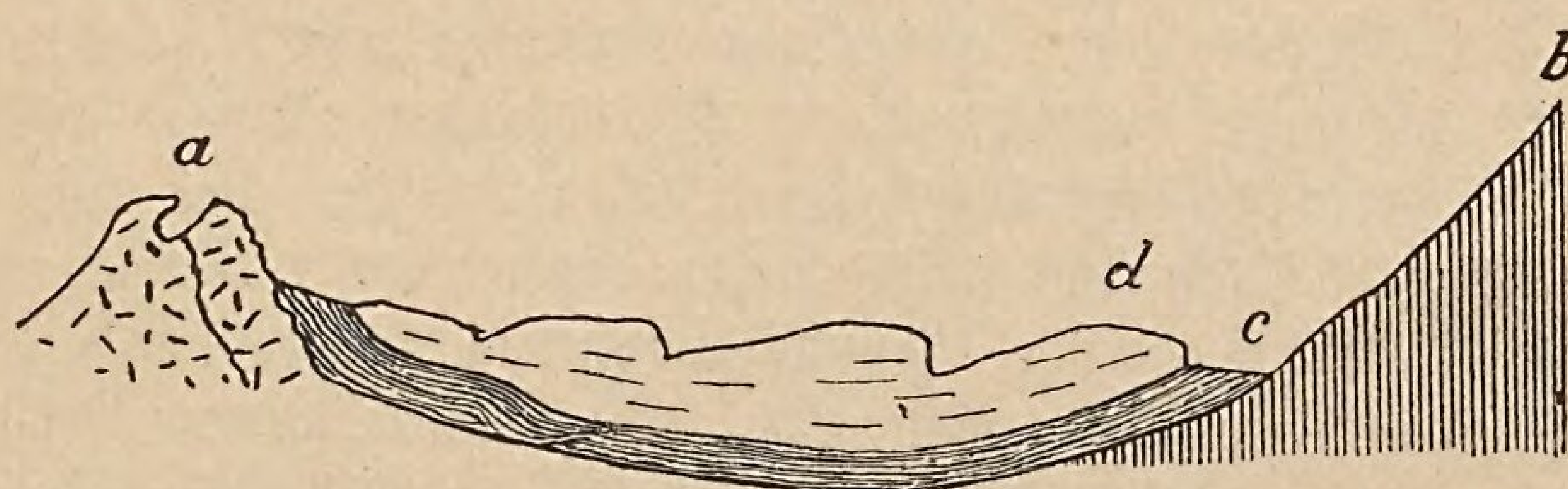


Fig. 19.
Profil durch die Umgebung von Fürstenfeld in Steiermark. Nach Stur. a: Trachyt; b: Krystallinisches Gebirge; c: Sande, Sandsteine und Kalke (sarmatische Stufe); d: Tegel mit Sandeinlagen.

Gebietes dargestellt, u. z. in einem Durchschnitt, der parallel mit dem Abfall der Alpen von Süden nach Norden gezogen ist. Dem krystallinischen Gebirge aufgelagert finden wir eine vorherrschend aus Sand, Sandstein und Kalk zusammengesetzte Schichtenreihe, welche von einer, je nach verschiedener Örtlichkeit, verschieden mächtigen Ablagerung von einem grauen Thon, Tegel genannt, überdacht wird, welche an vielen Stellen gewiß über 100 Meter mächtig ist. Der Tegel bildet hauptsächlich das hügelige Terrain der Gegend und bedeckt die erstgenannte Schichtenreihe so vollständig, daß dieselbe, außer durch Aufschlüsse in Steinbrüchen, wie bei Hartberg, nirgends zu sehen sein würde, hätte sie nicht die Trachytmasse des Gleichenbergs gehoben und daselbst ans Tages-

[1]) Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt, 1883, XXXIII. Bd. Geologische Verhältnisse der wasserführenden Schichten des Untergrundes in der Umgegend der Stadt Fürstenfeld in Steiermark.

licht gebracht, wodurch eine Art muldige Ausbildung dieser Ablagerungen hervorgerufen wurde, welche für die Wasserführung der ganzen Gegend von Bedeutung ist. Die Schichtenreihe c ist es, welche durch ihre lockere Beschaffenheit die über den Ostabfall der Alpen herabfließenden Niederschläge bei Hartberg beispielsweise und an den hiezu geeigneten Stellen aufsaugen und weiterleiten kann, so daß sich an der Grenze zwischen dieser Schichtenreihe und dem wasserundurchlässigen Tegel ein reiches unterirdisches Wasserreservoir ausbilden muß, das durch die Tegelmasse am Ausfließen lokal mehr oder minder gehindert wird. Aber über diesem Wasserhorizont liegen noch andere, denn auch die Tegelmasse führt Wasser, weil dieselbe nämlich geschichtet ist und mehr oder minder horizontal verlaufende muldige Lagen von thonigem Sand enthält. Diese Sandlagen oder „Sandleisten" haben jedoch innerhalb der Mulde keine ausgedehnte Verbreitung, sondern sie nehmen vielmehr untergeordnete Dimensionen ein, so daß die kleinsten derselben nur 2—5 Centimeter mächtig sind und sich nur über eine Fläche von wenigen Quadratmetern erstrecken, andere aber auch eine Dicke von 10—20 Centimetern erreichen und eine Flächenausdehnung von mehreren 100 Quadratmetern erhalten können. Auch sind oft mehrere derartige Sandleisten über einander konstatiert worden, so namentlich beim Anlaß von Brunnengrabungen, die bald in kurzen, bald in längeren Abständen von 10, 20 und mehr Metern über einander folgen. Diese Sandleisten sind nun ebenfalls wasserführend, wahrscheinlich in erster Linie infolge der Infiltration von oben her durch die feinen Risse im Tegel, aber die in denselben enthaltenen Wassermassen sind je nach ihrer Dicke und Ausdehnung und je nach der Gelegenheit, mit Wasser erfüllt zu werden, bald ganz unbedeutende, bald ganz beträchtliche. Nie jedoch vermag die Menge des in den Sandleisten enthaltenen Wassers so enorme Dimensionen anzunehmen, wie in der unteren Schichtenreihe c, weil dieselben, wie schon betont, stets nur eine mehr oder minder lokale Ausbreitung und Bedeutung besitzen. Fig. 20 zeigt uns den Durchschnitt durch den Untergrund der auf solchem von Sandleisten durchzogenem Tegel erbauten Stadt Fürstenfeld und eine Anzahl von Brunnen, welche im Weichbilde der Stadt selbst, sowie in deren Umgebung niedergestoßen wurden, um das Wasser der Sandleisten zu gewinnen. Anfangs flossen sämtliche erbohrten Quellen sehr kräftig und zeigten bis 5 Meter Steighöhe, nach und nach jedoch verminderte sich die Menge des

gespendeten Wassers, versiegt ist aber noch keine einzige. Etliche derselben sind sogar andauernd von recht großer Ergiebigkeit.

In Fällen, wie im vorgeschilderten, sind eigentliche Quellen nicht vorhanden, weil, wie wir sahen, die wasserführenden Schichten unter der Sohle der Thäler liegen, und man das Wasser erst erbohren, demselben also einen künstlichen Ausweg verschaffen muß, um es zu gewinnen. Über diesen letzteren Punkt wird in einem der späteren Kapitel noch Genaueres mitgeteilt werden. Würde aber beispielsweise nicht nur der Tegel etwas tiefer angeschnitten sein,

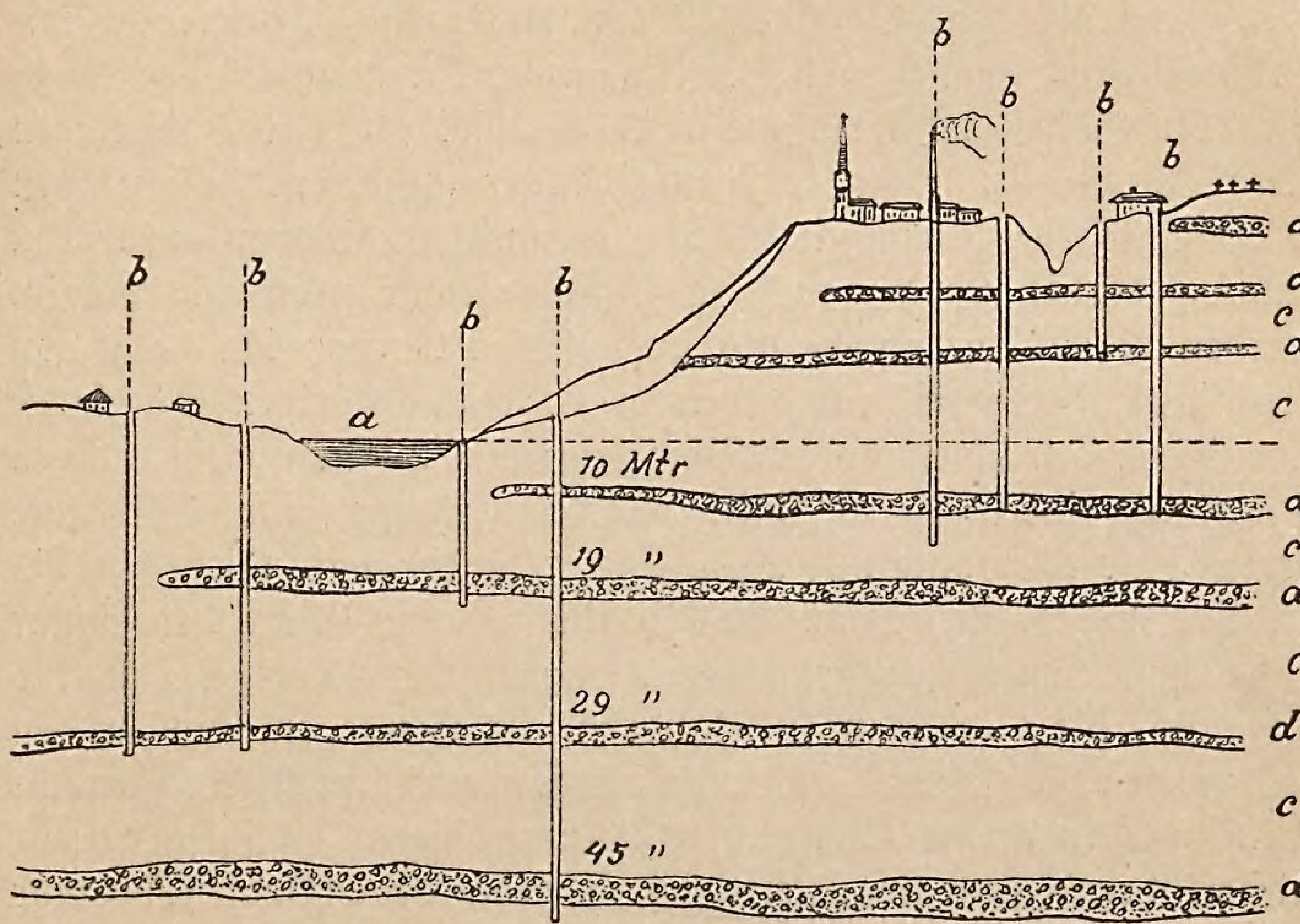


Fig. 20.
Durchschnitt durch den Untergrund von Fürstenfeld in Steiermark. Nach Stur. a: Feistritzfluß; b b b b b b b b: Brunnenschächte im Tegel c, der wasserspendende Sandeinlagerungen d d d d d d führt.

sondern auch der Schichtenkomplex c, u. z. von Flußthälern oder von zu Tage gehenden Spalten und Klüften, so würden wir eine Reihe von Quellenhorizonten über einander beobachten können, und hier zu unterst den mächtigsten.

Im Juragebirge, u. z. in dessen mittlerer und oberer Abteilung sind den Kalksteinschichten nicht selten größere Ablagerungen thoniger oder thonig-mergeliger Natur eingeschaltet, so zu unterst im Dogger die Opalinusthone und zu unterst im Malm die Ornatenthone. In jurassischen Gebieten nun, woselbst der mittlere und der obere

Jura derart lückenlos entwickelt ist, daß diese beiden genannten Schichten vorhanden sind, kann man über den Opalinusthonen sowohl, als auch über den Ornatenthonen je einen, manchmal höchst ergiebigen Quellenhorizont finden. Ganz besonders ergiebig ist der untere von beiden. „Da dessen thonige Lagen“, bemerkt Gümbel [1]), „von Wasser schwierig durchtränkt werden, sammelt sich an ihrer obersten Grenze unter dem Eisensandstein das von oben eindringende Wasser und tritt an dieser Gesteinsscheide in zahlreichen Quellen zu Tage. Dadurch wird auf fast gleichbleibender Höhe an den Gehängen unserer Albberge ein Quellenhorizont gebildet, der sich schon aus der Ferne als durch üppigen Graswuchs grüngefärbter, oft mit Erlengestrüpp bewachsener Streifen bemerkbar macht.“

Wir wollen noch ein weiteres Beispiel für das Vorkommen mehrerer Quellenhorizonte über einander anführen, das zu den interessantesten diesbezüglichen Vorkommnissen, die man auf Erden kennt, gehört [2]). In dem nordfranzösischen Kohlengebiete, bei Anzin, werden die Ablagerungen des produktiven Carbon überdacht von mächtigen, der Kreide und dem Tertiär angehörigen Schichtenkomplexen, den sogenannten „Morts-terrains“. Zu unterst derselben finden wir eine im Durchschnitt 9 Meter mächtige sandige Bildung, deren Dicke aber auch nur 2—3 Meter, anderenteils wiederum bis 14 Meter betragen kann. Es ist dieselbe ein Glied der Sande und Thone von Hautrage, wie ein französischer Geologe, Omalius d'Halloy, diese letzteren in Flandern, im Hennegau und in den Ardennen entwickelten Sedimente infracretaceischen Alters genannt hat. Die in Frage kommende Abteilung dieser Schichten ist sehr wasserführend, und zwar beträgt nach verschiedenen in diesem Sinne gemachten Beobachtungen ihr Wassergehalt etwa 40 Prozent ihres Volumens. Ihre horizontale Ausdehnung ist eine ziemlich beschränkte und umfaßt 26.5 Quadratkilometer; sie bildet auf dem Kohlengebirge eine Art elliptischer Schale, deren größte Achse von Südwesten nach Nordosten streicht und etwa 7750 Meter Länge hat, während die kleine Achse, welche nordsüdlich verläuft, 4375 Meter lang ist (Fig. 21). Diese von Wasser durchtränkte Schicht verursacht einen förmlichen unterirdischen See von größerer Ausdehnung, der von dem sehr ergiebigen Quellenhorizont in den darüber lagernden Sedimenten ganz und gar unabhängig ist, von

---

[1]) Geologie von Bayern, pag. 790.

[2]) Nach Daubrée, Eaux sousterraines, Lapparent, Traité de Géologie, 3. Aufl., und Dormoy, Topographie sousterraine du Bassin houiller de Valenciennes.

diesem letzteren übrigens durch mächtige und sehr reine Thonbildungen der turonen Kreide, die sogenannten „dièves“, getrennt wird. Der Bergmann des französischen Nordens hat diese unterirdische Wasseransammlung den „torrent d'Anzin“ genannt, denn dadurch, daß dieselbe an verschiedenen Orten durchfahren werden mußte, um zur Kohle zu gelangen, und ferner durch den Umstand, daß die nicht allzu seltenen Einbrüche ihrer Wassermassen in die

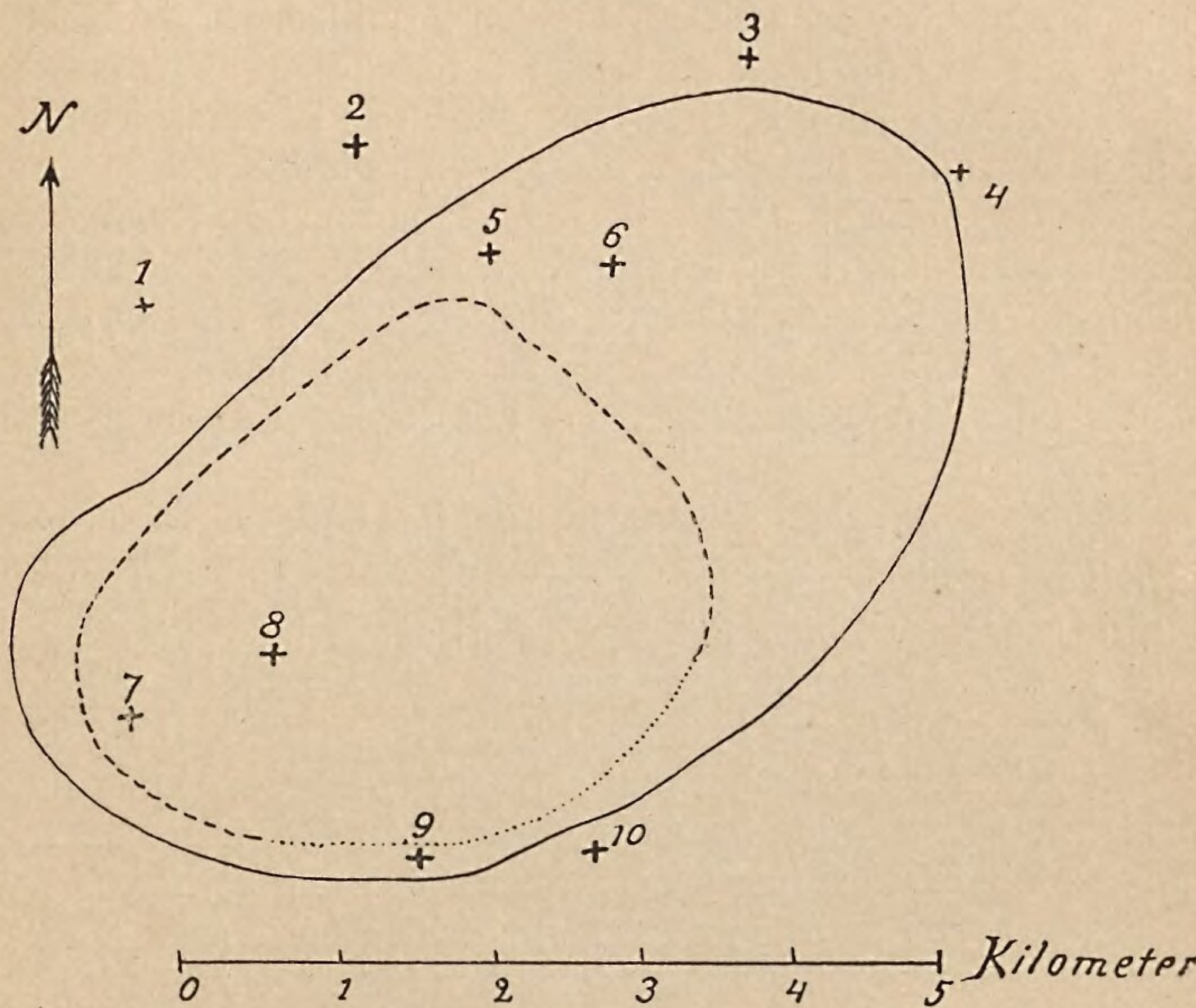


Fig. 21.
Der „Torrent d'Anzin“, Plan. Nach Daubrée. Die ausgezogene Linie zeigt den Umfang des Wasserbeckens gegen das Jahr 1840, die punktierte Linie den Umfang desselben in der Gegenwart. 1: Havelny; 2: Bellain; 3: Aubry; 4: St. Vaast; 5: Oisy; 6: Hérin; 7: Denin; 8: Wavrechain; 9: Haulchin; 10: Prouvy.

Kohlenschächte zuweilen unsägliches Elend verursacht und Tod und Verderben mit sich gebracht haben, ist sie ihm gut bekannt. In seinem Roman „Germinal“ hat E. Zola eine solche Katastrophe mit Meisterschaft geschildert. Seit länger als 40 Jahren ist man nun an der Arbeit, um den torrent d'Anzin auszupumpen, was aus dem Grunde angängig ist, weil derselbe, wie so ziemlich festgestellt ist,

nur sehr spärlichen Zuwachs an Wasser erhält, so daß das in der Sandschicht angesammelte Wasser den Infiltrationsbetrag von Jahrhunderten oder wahrscheinlicher schon von Jahrtausenden darstellt. Gewaltige Maschinen sind im Laufe der vergangenen Jahrzehnte aufgestellt und eigene Schächte sind zu dem Zweck abgeteuft worden, um den torrent d'Anzin trocken zu legen. Es gelingt dies denn auch allmählich, weil die spärliche Wasserzufuhr mit den ausgepumpten Mengen nicht gleichen Schritt halten kann. Vor dem Beginn des Unternehmens bedeckte die wasserhaltige (nicht die gesamte) Sandfläche 24.374 Quadratkilometer, im Jahre 1867 war dieselbe schon auf 18.335 Quadratkilometer reduziert, am 1. Dezember 1880 betrug sie nur noch 13.225 Quadratkilometer. Dieses Verhältnis von früher zu jetzt geht deutlich aus Fig. 19 hervor. Gegenwärtig werden im Jahr etwa 206 000 Kubikmeter Wasser ausgepumpt, das Maximum wurde im Jahr 1861 mit 1 800 000 Kubikmetern gefördert. Vom Jahr 1856 bis zum Ende des Jahres 1868, also innerhalb 13 Jahren, sind im ganzen 10 229 000 Kubikmeter Wasser aus dem torrent d'Anzin gezogen worden.

Auch an denjenigen Stellen, woselbst lose Massen, als da sind Schotter, Gerölle, gröbere und feinere Kiese und Sande, dem festen Gestein aufgelagert sind, sind Wasserhorizonte keine Seltenheiten. Dies ist z. B. in Oberschwaben der Fall. An der Grenze zwischen dem alpinen Gletscherschutt und dem sandigen Tertiär tritt hier ein nie fehlender Quellenhorizont auf, welcher an allen Wasser konsumierenden Orten nicht nur die natürlichen Quellen speist, sondern auch künstlich erbohrte (artesische) Brunnen[1]). Da, wo dieses Wasser in der Form von natürlichen Quellen auftritt, gehören diese letzteren eigentlich schon zu den Grundwasserquellen (pag. 28), weil die hier ausfließenden Niederschläge sich in losen und lockeren Massen, im Diluvium angesammelt haben, also in die Kategorie des Grundwassers zu rechnen sind. Es giebt natürlich auch Fälle, woselbst am Wechsel zweier Formationen Quellenhorizonte fehlen, trotzdem daß wasserundurchlässige Schichten sich daselbst finden. Im schleswig-holsteinischen Lande ruhen die diluvialen Gebilde zuweilen auf einer sehr fetten, glimmerreichen thonigen Schicht, dem obermiocänen Glimmerthon. Dort, woselbst diese letztere von den Agentien

---

[1]) Fraas, in: Das Königreich Württemberg, I, pag. 425. Bruckmann, Der wasserreiche artesische Brunnen im alpinischen Diluvium des oberschwäbischen Hochlandes zu Isny. Stuttg. 1851.

der diluvialen Periode, so von den darüber gewälzten Grundmoränen des Inlandeises, Eisbergen ꝛc. nicht aufgewühlt und zerrissen ist, stellt sich stets an der Grenze der diluvialen Bildungen mit dem Tertiär ein zuweilen recht ergiebiger Wasserhorizont ein; an denjenigen Stellen jedoch, woselbst derartige Aufwühlungen im Tertiär stattfanden, fehlt derselbe sehr oft, wohl darum, weil durch diese letzteren Verhältnisse mächtige Unebenheiten im Verlaufe der oberen Grenzfläche des Glimmerthons hervorgerufen worden sind, welche ein Ansammeln des Wassers nur in deren so geschaffenen Vertiefungen, jedoch nicht an den anderen, erhöhten Punkten der Glimmerthonschicht zulassen. Trifft die Bohrung zufälliger Weise eine solche Vertiefung, so erhält man ebenfalls Wasser, dessen Menge natürlicher Weise von den Dimensionen der betreffenden Mulde im Glimmerthon abhängig sein wird. Das kann aber nur, wie bekannt, durch Zufall geschehen, denn irgendwelche Anzeichen für die Existenz solcher Vertiefungen im Glimmerthon sind nicht vorhanden. Diese Störungen im Glimmerthon sind oft so beträchtliche, daß diese Ablagerung zuweilen nur wenig Meter unter der Erdoberfläche in der Form sehr steiler Sättel oder größerer vom Diluvium umschlossener Stollen angetroffen wird, wie dies beispielsweise in der nächsten Umgebung Kiels bei Anlaß von Brunnenbohrungen festgestellt werden konnte.

Viertes Kapitel.

Von den Beziehungen der Quellen zum geologischen Aufbau ihres Areals.

2. Quellen in verwitterten massigen Gesteinen, Quellen in Schutt- und Bergsturzgebieten, Quellen in Lavaströmen.

Quellen in verwitterten granitischen und damit verwandten Gesteinen. Schuttquellen. Beispiele hiefür. In Schutt- und Bergsturzgebieten fließende verborgene Quellen. Die Methode des Abbé Paramelle, derartige Quellen ausfindig zu machen. Quellen in Lavaströmen. Beispiele hiefür aus der Auvergne und vom Ätna.

Granitische und gneisartige Gesteinsmassen, sowie auch diesen Gesteinen nahe verwandte andere, so Syenite, Diorite u. s. f., sind zumeist sehr undurchlässiger Natur, soweit dieselben frisch sind oder auch durch mechanische Vorgänge, wie beispielsweise durch Gebirgsbildung, nicht zertrümmert (siehe hier Einleitung, pag. 22).

Aus gewissen Umständen kann jedoch an bestimmten Stellen solcher Gesteinsmassive die Verwitterung thätiger sein, als an anderen, welche den zersetzenden Agentien nicht so sehr ausgesetzt sind, so daß man in manchen aus granitischen Massen bestehenden Arealen zuweilen frische und daneben mehr oder weniger verwitterte Komplexe dieser Gesteine beobachten kann. Wenn nun die Oberfläche derartiger Gebiete keine Ebene ist, sondern wenn dieselbe ein accidentiertes Terrain darstellt, so werden die mulmigen, durch die Verwitterung entstandenen Massen infolge der Thätigkeit der oberflächlich ablaufenden Gewässer besonders in den Vertiefungen des Areals angesammelt und aufgehäuft werden und die letzteren mehr oder weniger anfüllen [1]). Der Verwitterungsschutt, der Mulm, saugt nun die auf seiner Oberfläche und an den Gehängen der Vertiefungen niedergehenden Tagwasser auf und sammelt dieselben; er spielt also die Rolle der wasserdurchlässigen Schicht, während das frische, die Wände und den Boden der Vertiefungen bildende Gesteinsmaterial als wasserundurchlässige Schicht fungiert. Wird eine derartige Vertiefung von einem Thal angeschnitten, so muß selbstverständlicher Weise eine Quelle entstehen, die man als Schuttquelle bezeichnen kann. Dieselbe wird dann so lange fließen, als eben der Wasservorrat reicht, und in trockenen Jahreszeiten überhaupt fehlen können, also periodischer Natur sein. Wenn es dagegen zu einer Quellenbildung nicht gekommen ist, wenn also diese wassersammelnden Vertiefungen keinen Abfluß besitzen, so zeichnet sich deren Oberfläche durch ihre moorige und torfige Beschaffenheit aus, welche das Vorhandensein solcher Wasseransammlungen sofort erkennen läßt und den nach Wasser suchenden Bewohnern solcher Areale den Fingerzeig dafür giebt, an welchen Stellen dieselben solches finden können. Bei der Verwitterung des Granits und mit diesem verwandter Gesteine bildet sich eine thonige Substanz, welche in erster Linie von der Zersetzung der Feldspate herrührt. Wenn diese letztere sich nun zu unterst in den besagten Unebenheiten des Bodenreliefs ansammelt, so wird dadurch über dem frischen Gestein noch eine besonders wasserundurchlässige Schicht geschaffen, welche dann jede Infiltration in das feste Gestein des Bodens verhüten muß. In derartig austapezierten Wasserreservoirs findet, das liegt auf der Hand, eine größere Wasseranreicherung statt, als in den anderen.

[1]) Daubrée, Eaux sousterraines, I, pag. 91—92. Lapparent, Traité de Géologie, 3. Aufl. pag. 337.

Quellen und Ansammlungen von unterirdischem Wasser von der Kategorie der eben beschriebenen sind beispielsweise in den granitischen Gebieten Frankreichs, so im Morvan und im Ariège, entwickelt, niemals aber, wie das schon aus der Natur der Sache hervorgeht, sehr ergiebig. Von größerer Bedeutung sind dieselben jedoch in Irland, woselbst die dafür erforderlichen Verhältnisse größere Ausdehnung annehmen. Auch in Arealen, welche vorzugsweise aus schieferigen Gesteinen bestehen, sind ähnliche Vorkommnisse vorhanden. Die vielen, aber stets in gewissen Entfernungen von einander, also zerstreut liegenden menschlichen Wohnstätten innerhalb granitischer Areale sollen nach Cuvier und Daubrée auf das Vorkommen solcher vieler, aber zerstreuter Quellen und Wasseransammlungen innerhalb derartiger Gebiete zurückzuführen sein [1].

In Gegenden, deren geologischer Aufbau aus Sandsteinen oder Kalken mit eingelagerten Thon- und Mergelschichten besteht, so beispielsweise in jurassischen Arealen, werden diese thonigen Zwischenlager oftmals von Wasser mehr oder weniger ausgewaschen, so daß die darüber liegenden Kalk- resp. Sandsteinschichten ihrer Unterlage beraubt werden und zusammenstürzen. Dieser Vorgang ist an den Thalgehängen solcher Gebiete keine Seltenheit. Der Thalboden erscheint dann bedeckt von einer Unmenge scharfkantiger und eckiger Gesteinsbrocken, welche sich eben durch diese Ausbildungsweise von Bach- und Flußgeröllen leicht unterscheiden lassen. Wenn nun auf dem Boden oder an den Gehängen eines mit solchen Schuttmaterialien erfüllten Thales eine Quelle austritt, so fließt dieselbe unter diesen Massen weiter und von ihrem Vorhandensein ist nichts zu merken. Manchmal kommt dieselbe erst viele Kilometer vom Ursprungsort zum Vorschein, so daß es besonderer Untersuchungen bedarf, um diesen letzteren zu ermitteln. Dafür giebt es bestimmte, auf einem scharfen Blick und einer richtigen Auffassung der betreffenden geologischen Verhältnisse beruhende Anhaltspunkte, Eigenschaften, welche z. B. der bekannte Abbé Paramelle aus der Diözese Toulouse, der Verfasser eines z. Zt. sehr wertvollen Buches über die Quellen und die Kunst, dieselben ausfindig machen zu können, in hohem Maße besaß, so daß derselbe

[1] Es sei hier bemerkt, daß verwitterter Gneis sich gegen Wasser zuweilen sehr wenig durchlässig verhalten kann, wie von Stur bei Bilin angestellte Beobachtungen erweisen, so daß sich dann das Wasser nur in Gängen und Klüften Bahn zu brechen vermag. (Stur, Der zweite Wassereinbruch in Teplitz-Ossegg, Jahrbuch der k. k. geol. Reichsanstalt, 1888, pag. 422.)

zuweilen Erfolge aufzuweisen hatte, welche ihm bei den Landleuten seiner Heimat den Ruf verschafften, mit übernatürlichen Gewalten in Verbindung zu stehen. Das Auffinden von einer Anzahl von Wasserläufen von der Art der soeben geschilderten im Departement du Lot gehört zu Paramelles allerbesten Leistungen, auf welche wir in einem späteren Kapitel dieses Buches nochmals zu sprechen kommen werden. Es mag hier am Platze sein, die Methode Paramelles für ähnliche Fälle, welche übrigens nicht ganz von ihm selbst stammt, sondern auch schon in früheren Zeiten, wenn auch nicht vollständig so, angewandt worden ist, zu erörtern, zumal

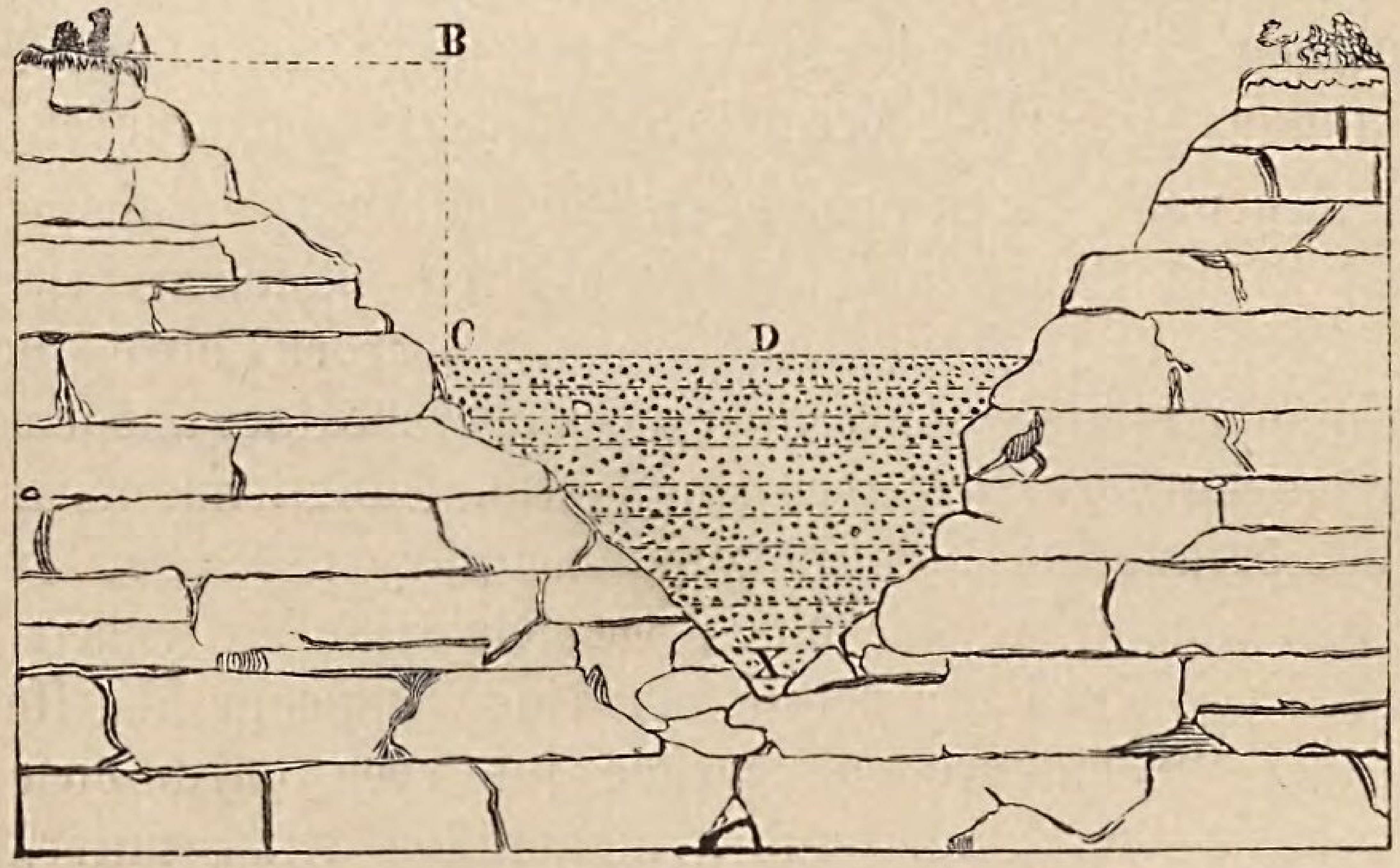


Fig. 22.
Paramelles Methode zum Auffinden von Quellen in einem mit Schutt bedeckten Thalboden.

dieselbe, analoge Bodenverhältnisse vorausgesetzt, selten fehl gehen wird.

Der gelehrte Abbé ging von dem Erfahrungssatze aus, daß die Durchschnittslinie der Verlängerung beider Steilabhänge eines Thales gewöhnlich dessen größter Tiefe entspricht, also auch dem tiefsten Punkte, in welchem die aufzusuchende Quelle fließen kann. Nachdem man nun denjenigen Punkt des Thalwegs, an welchem man die Nachforschungen vornehmen will, bestimmt hat, pflanzt man an demselben irgend ein Meßzeichen ein. Dieser Punkt muß auf derjenigen Stelle im Durchschnitt durch die Thalbreite liegen, unter welcher die Schnittlinie der beiderseitigen Thalgehänge verlaufen muß, demnach in einem Thal mit beiderseitig gleich stark geneigten Abhängen, wie in Fig. 22, in der Mitte der Thalbreite. Hierauf wird der Abstand zwischen diesem besagten Zeichen und dem

Fuß eines der Steilabhänge des Thales (CD in Fig. 22) ermittelt, dann nivelliert man diesen Steilabhang, um dessen Höhe und den horizontalen Abstand zwischen seinem Sims und einer lotrechten Linie kennen zu lernen, welche man sich vom Fuße des Steilabhangs nach aufwärts gezogen denkt (CB in der Fig. 22). Diese Höhe und dieser Abstand enthalten die partiellen Höhen und Abstände, die man an den verschiedenen Nivellierungsstellen findet. Nach dem Schluß des Verfahrens nimmt man folgende Proportionen an:

Der Abstand zwischen dem Sims und der vom Fuße des Steilabhangs aufsteigenden Linie ist gleich der Höhe des Steilabhangs, wie der horizontale Abstand zwischen dem Fuß des Steilabhangs und dem Bohrpunkt gleich der Tiefe der Quelle ist. Also: A—B : BC = CD : DX. Wenn man nun die Höhe BC mit dem Abstande CD multipliziert und das Produkt mit dem Abstande AB dividiert, so hat man in der Teilungszahl die Tiefe von D bis X, welches letztere der Punkt ist, woselbst die Quelle fließt.

Ist das Gehänge eines Steilabhangs gleichförmig, so hat man nicht nötig, dasselbe bis oben hinauf zu nivellieren. Man braucht dies alsdann nur etwa bis zum dritten oder vierten Teil seiner Höhe zu thun, und das Resultat wird dann dasselbe sein. Wenn das Thal erweiterte und verengte Partien aufweisen sollte, so thut man nicht wohl daran, das eben geschilderte Verfahren in den Verengungen anzuwenden; man muß dazu dann eine Erweiterung am oberen und unteren Ende wählen, sowie den Punkt, woselbst die Fußenden der beiden Steilabhänge am weitesten von einander entfernt liegen.

Allerdings fließt die Quelle in manchen Thälern nicht auf der Durchschnittslinie, sondern in einer viel größeren Tiefe; das ist vorzugsweise der Fall, wenn die Schichten der beiden Steilabhänge stark geneigt sind und sich gegen den Thalweg senken. Zwischen den beiden so getrennten Schichtungen entstand eine vertikale Spalte, welche die Quelle nicht mehr im Niveau der Vereinigung der beiden Oberflächen erhalten konnte. Jedoch gehört es unter die Ausnahmefälle, wenn man die Quelle tiefer antrifft, als man erwartet hatte. Sind die Schichten der beiden Steilabhänge horizontal gelagert und undurchlässig, so kommt es nicht selten vor, daß eine derselben durch das Thal hindurch fortsetzt und dessen Boden schon vor der Linie abschließt, auf welcher die beiden Steilabhänge sich schneiden würden. Dann trifft zuweilen auch der Fall ein, daß das

den Thalboden bedeckende Trümmermaterial ebenfalls mehr oder weniger undurchlässiger Natur ist, so daß dadurch die Quelle weit näher unter der Oberfläche erhalten wird, als man nach der Neigung der Steilabhänge erwarten durfte.

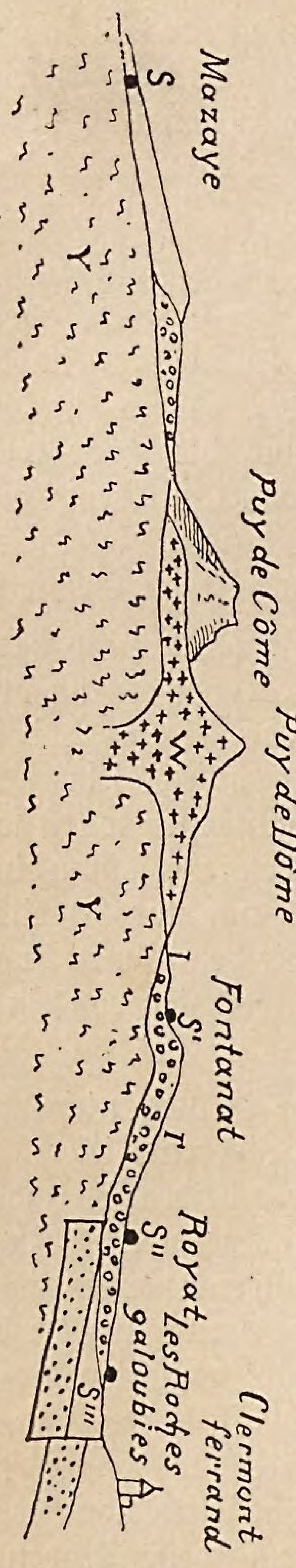


Fig. 23. Aus den Lavaströmen des Puy de Dôme austretende Quellen S, S[1], S[2], S[3]. Nach Daubrée.

Wenn eine Quelle längs der Basis einer Abdachung oder eines sehr schroffen Steilabhangs fließt, so nimmt man die Nivellierung am entgegengesetzten Steilabhange vor[1]).

In poröse und zerklüftete Lavafelder dringt das Wasser leicht ein und wird von denselben vollgesaugt. Ruhen diese Gebilde dann auf schwer durchlässigen Gesteinen, so entstehen an den Rändern solcher Lavaströme bisweilen starke Quellen. Dies ist beispielsweise in Centralfrankreich, in der Auvergne, der Fall, woselbst sich während der Tertiärzeit und wohl noch später eine gewaltige eruptive Thätigkeit entfaltete, welche auf dem dortigen, an 900 Meter Meereshöhe erreichenden granitischen Plateau auf einer wohl 30 Kilometer langen Bruchlinie viele Vulkankegel aufgeworfen hat[2]). Von diesen sind große Lavaströme ausgegangen, welche wegen ihrer porösen Beschaffenheit als Wassersammler dienen. Das unter den vulkanischen Massen lagernde granitische Gestein ist, wie wir schon des Öfteren gesehen haben, wasserundurchlässig. An der Grenze zwischen Lava und Granit sucht sich das Wasser in Quellenform einen Ausweg, und da hier die Lavaströme meist Gehängen oder auch alten Thälern folgen, so fließt das Wasser

[1]) Nach Paramelle, Quellenkunde, 2. Aufl. der deutschen Übersetzung, pag. 128—130.
[2]) Nach Daubrée, Eaux sousterraines, pag. 97 ff.

unter der Lava auf dem alten Gehänge oder dem ehemaligen Thalboden ab, und die Quellen treten zuweilen erst an den unteren Rändern des Stromes zu Tage, wenn nicht sonstige Umstände dieselben zu früherem Hervortreten veranlassen. So speist der vulkanische Puy de Dôme mit seinen ehemals feuerspeienden Genossen eine Reihe unter solchen Verhältnissen entstandener und auftretender Quellen, auf der einen Seite seines Gehänges diejenigen von Font-de-l'Arbre bei Fontanat, von Royat u. s. f., welche sämtlich aus einem gewaltigen Lavastrom entspringen und zusammen eine Ergiebigkeit von 1560 Liter in der Minute oder 134 000 Kubikmeter in 24 Stunden besitzen. Dem entgegengesetzten Gehänge entquillt, ebenfalls einem Lavastrome von beträchtlicher Ausdehnung, ein weiterer Quellenzug, welchem die Quellen von Pontgibaud, von Mazaye u. s. f. ihren Ursprung verdanken (Fig. 23).

„Vom Gipfel des Ätna", sagt A. Heim [1]), „sieht man rings um sich zuerst die schwarzen kahlen Schlacken des obersten Eruptionskegels, dann folgt ein weißer Kragen von Schnee, tiefer unten die schwarzen Aschengehänge und dann ein herrlich grüner, mit Dörfern besetzter Kranz um den Fuß des gewaltigen Berges bis an das Meer. Der weite übrige Teil des großen Inseldreiecks ist schon von Ende Juni an bis gegen den Winter gelbbraun anzuschauen. Dort liegt alles verdorrt, verstaubt und waldlos. Woher kommt dies? Der Ätnaschnee schmilzt langsam fort und fort und speist durch seine Versickerung eine bedeutende Zahl von Quellen rings um den unteren Teil des Berggehänges, so daß dort niemals die Trockenheit des übrigen Siziliens überhand nimmt. Andere Momente freilich, z. B. Vermehrung der Niederschläge durch Wolkenbildung an dem hohen Gipfel, helfen ihrerseits nach [2])." Dieser letztere Umstand kommt übrigens auch bei der Quellbildung an den

---

[1]) Die Quellen, pag. 17.

[2]) Der Ätna, der bis in die Schneeregion hineinragt, ist infolge seiner eigentümlichen geologischen Bauart in seinen mittleren und oberen Abhängen durchaus quellenarm. In der Regione deserta und nemorosa giebt es nur sehr wenige und kleine Quellen, die kaum für das menschliche Bedürfnis und zum Tränken der Herden ausreichen, und eigentlich nur da zum Vorschein kommen, wo dichte feinkörnige Tufflager unter zerklüfteten Lavabänken sich ausdehnen. Unser Vulkan gleicht so einem riesigen Filter, welches den größten Teil des atmosphärischen Wassers durch seine porösen Schichten durchläßt, bis es zu den Tuffen und thonigen Massen der Cretalager gelangt. Hier kommen dann außerordentlich starke Quellen zu Tage, welche sogleich Mühlen treiben und zur Bewässerung der Gärten benutzt werden. Der Amenano von Catania, der Fluß Acis, der Fiume Freddo liegen in der Nähe des Meeresspiegels. Auf einigen Terrassen, welche Thonschichten im Untergrunde führen, wie bei Aderno und Licodia, kommen starke

Gehängen des Puy de Dôme in Betracht, von der wir weiter oben geredet haben. Auch hier ziehen die über das Plateau hinausragenden Vulkankegel die Wolken und Nebel an und vergrößern so die Menge der Niederschläge.

Fünftes Kapitel.

Von den Beziehungen der Quellen zum geologischen Aufbau ihres Areals.

3. Von den Verwerfungsquellen und den damit verwandten Erscheinungen.

Verwerfungsquellen. Verschiedene Typen derselben. Quellenlinien. Kluftquellen. Quellen in Verbindung mit Erzgängen. Schlüsse daraus auf die Quellen der Vorzeit.

Auf den durch Bruchlinien und Verwerfungen hervorgebrachten Klüften unserer Erdrinde finden wir in sehr häufigen Fällen hervor-

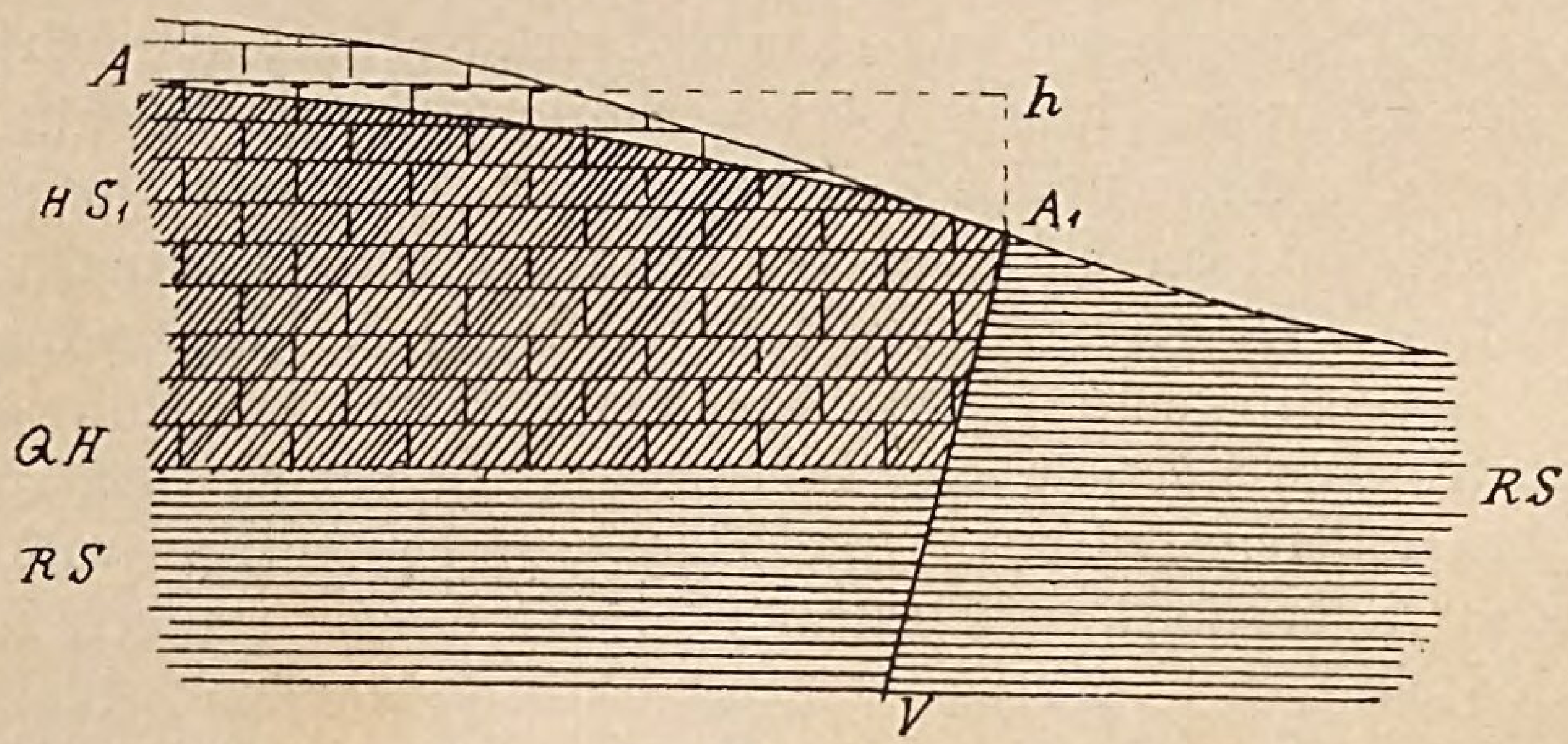


Fig. 24.
Verwerfungsquelle im pfälzischen Haardtgebirge. Nach Leppla.

sprudelnde Quellen, welche wir nach dem Vorschlage Lepplas[1]) im Gegensatz zu den Schichtquellen und den damit verwandten Erscheinungen als Verwerfungsquellen bezeichnen wollen. Den einfachsten Fall einer derartigen Erscheinung zeigt uns die

---

Quellen in einem Niveau von 400 Metern über dem Meere zum Vorschein und wurden ehemals in dem großartigen, jetzt noch z. T. erhaltenen Aquäduct des Marcellus nach Catania geleitet (von Lasaulx, Der Ätna, II, pag. 15—16).

Zu solchen mühlentreibenden Quellen, wie die soeben erwähnten, gehören z. B. die Fontana S. Domenica und die Fontana Ficarazzi zwischen Aderno und Bronte am Ätna (Ibid. pag. 103).

[1]) Über das Vorkommen natürl. Quellen in den pfälzischen Nordvogesen, pag. 108.

nebenstehende Figur 24, die wir Leppla entnehmen. Längs der Verwerfungskluft A_1—V ist der links davon befindliche Gebirgsteil am rechten abgesunken, und somit ist der Hauptbuntsandstein H S_1 an die Rötelschiefer angekeilt worden. Die Wasserdurchlässigkeit der einen und die Wasserundurchlässigkeit der anderen beider erwähnten Gesteinsschichten sind uns ja aus früheren Beispielen her noch gut bekannt. Die auf dem linken Gebirgsteil niederfallenden und in die Erde eindringenden Atmosphärilien werden sich nun beim Abwärtsfließen an der Verwerfungswand A_1—V aufstauen, so daß sich der Buntsandstein allmählich mit Wasser bis zur Linie A—A_1 anfüllen muß. Am tiefsten Punkt dieser Linie, also bei A_1, kommt

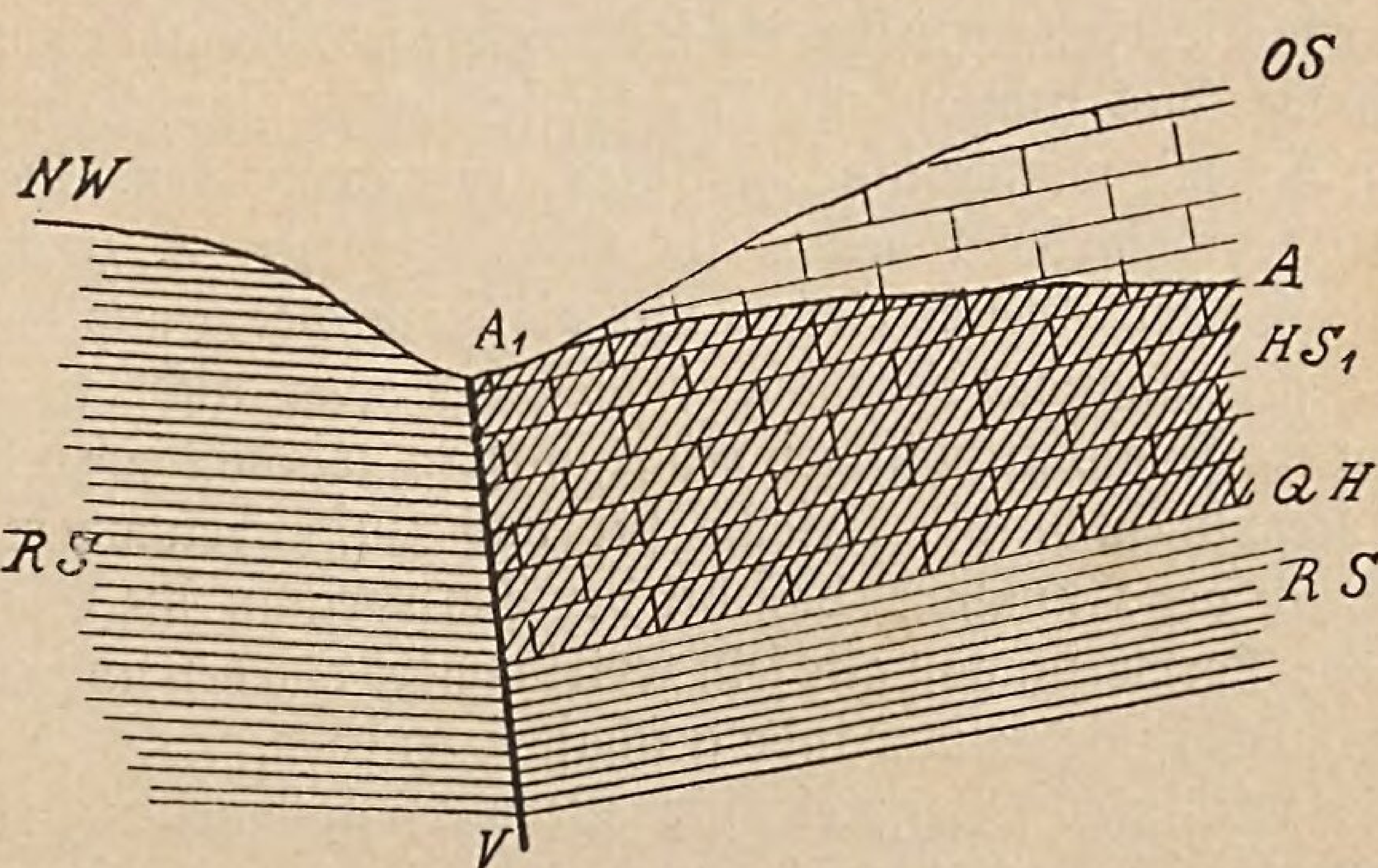


Fig. 25.
Verwerfungsquelle im pfälzischen Haardtgebirge. Nach Leppla.

dieses Wasser infolge des darauf lastenden Druckes, der gleich dem senkrechten Abstand von A zu A_1, also gleich h—A_1 ist, zu Tage, und zwar, wie Leppla betont, in der Regel als Sprudelquelle zu Tage. Die soeben geschilderten Verhältnisse sind beispielsweise in den pfälzischen Nordvogesen häufig und werden sich besonders gerne in Thalungen finden, weil eine von links nach rechts, resp. umgekehrt auch von rechts nach links fließende Wassermenge die Vorbedingung für die Entstehung derartiger Quellen ist. Der Druck kann jedoch auch durch die Neigung eines im abgesunkenen Gebirgsteil vorhandenen Quellenhorizonts (Fig. 25, QH) gegen die Verwerfungskluft hervorgebracht werden.

Die zahlreichen Verwerfungen, welche Lothringen in verschiedenen Richtungen durchziehen, bis 350 Meter Sprunghöhe

besitzen und wasserundurchlässige Schichten der Trias und der Juraformation mit wasserundurchlässigen derselben Sedimente in Berührung gebracht haben, sind die Veranlassung zur Entstehung zahlreicher Quellen in der dortigen Gegend gewesen. Einige Beispiele hiefür wollen wir nennen, so die Mineralquelle von Niederkontz gegenüber dem Bahnhof von Sierck, diejenigen von Rettel und Königsmachern auf deutschem Boden und die mächtigen Süßwasserquellen in der Umgebung von Hayingen, so diejenigen der Fentsch, die bis zu 200 000 Liter Wasser in der Minute ergeben und ihr Dasein einer Verwerfungskluft verdanken, welche die Korallenkalke des mittleren Dogger in das Niveau der dem oberen Dogger angehörigen Mergel von Gravelotte gebracht hat.

Um Verwerfungsquellen ins Leben zu rufen, braucht es durchaus nicht immer des Umstandes, daß wasserdurchlässige Schichten in Berührung mit wasserundurchlässigen gebracht werden. Das Vorkommen sehr starker Quellen im Haardtgebirge, u. z. auf Verwerfungsspalten, welche einfach nur die Teile des Hauptbuntsandsteins gegen einander verschoben, dieselben aber nicht in Kontakt mit den wasserundurchlässigen Rötelschiefern gebracht haben, beweist dies. Leppla sucht die Ursache für das Zustandekommen dieser Quellen in der Annahme, daß bei der Verwerfung die Sandsteine längs der Verwerfungsspalte fein zertrümmert worden sind, wodurch wenig durchlässige Stauwände geschaffen wurden.

Ein weiteres Beispiel für Verwerfungsquellen erläutert Fig. 26, welche ein Profil durch den Hauenstein-Tunnel im schweizerischen Jura darstellt, das Professor Mühlberg in Aarau in dem Jahre 1889 aufgenommen hat[1]). Im Hauensteingebiete ist der Muschelkalk zerlegt worden in ein System über einander geschobener Schollen oder Schuppen, durch welchen Umstand die wasseransammelnde Schicht des Muschelkalks, der Muschelkalkdolomit, in Berührung mit dem Hauptmuschelkalk gebracht wurde und die in diesem letzteren aufsteigenden Quellen staute. Diese sind Thermen im weiteren Sinne dieses Wortes; sie stammen aus der Tiefe, wie der Verlauf des Hauptmuschelkalks im nebenstehenden Profil zeigt, wodurch denn auch ihre höhere Temperatur genügend erklärt wird. Die kalten, auf der Nordseite des Tunnels hervorbrechenden Quellen sind auf Sickerwasser der Umgebung zurückzuführen, die durch den Salzthon und Anhydrit aufgestaut werden.

[1]) Kurze Skizze der geologischen Verhältnisse des Bözbergtunnels, des Hauensteintunnels, u. s. f. in: Eclogae geologicae Helvetiae, pag. 419 ff.

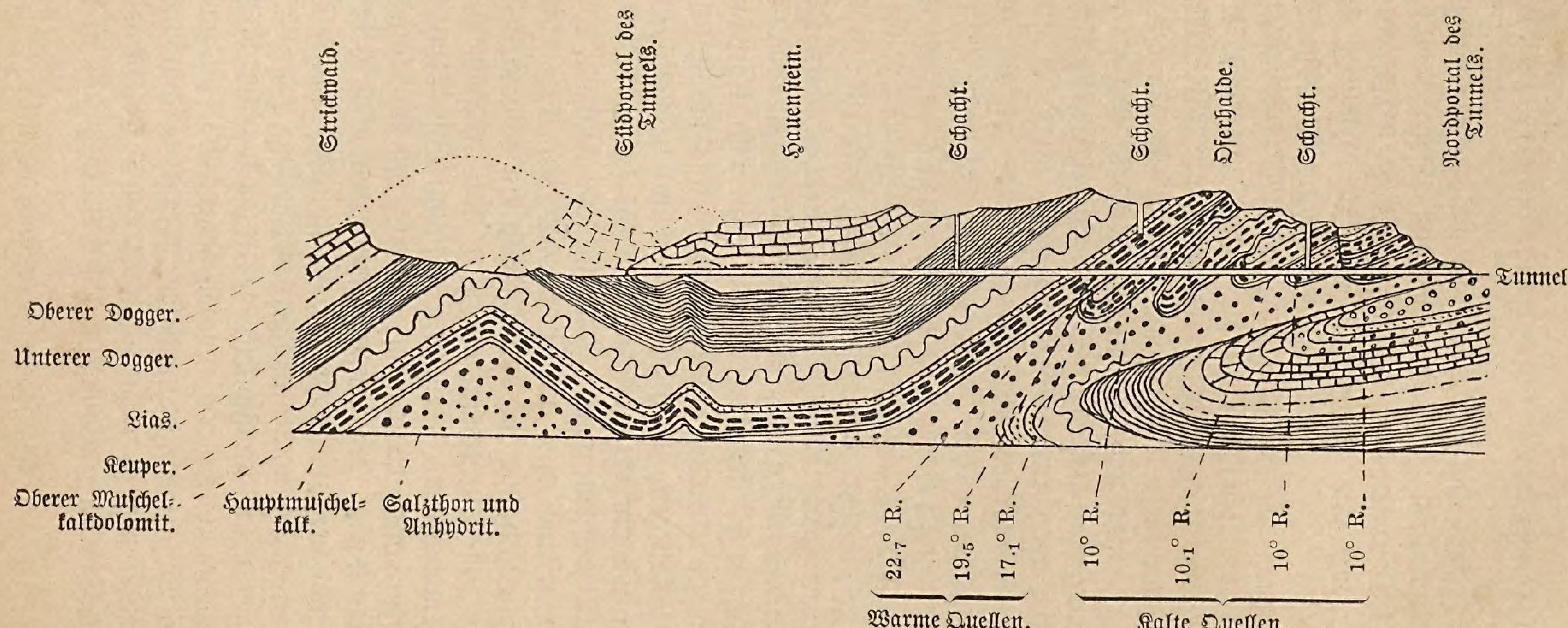


Fig. 26.

Verwerfungsquellen im Hauenstein-Tunnel. Nach Mühlberg.

Durch einen von Südosten her wirkenden Druck ist der Südflügel des Erzgebirges in die Tiefe gesunken. Dieses letztere bildet nämlich einen mächtigen Sattel, dessen nördlicher Flügel noch vorhanden ist, während, wie soeben betont, der südliche daran abglitt und die Ursache einer gewaltigen Bruchspalte wurde, die, dem südlichen Absturz des Erzgebirges folgend, von der Elbe bis zum Fichtelgebirge reicht. Auf dieser Bruchspalte treten eine Menge von bald kälteren, bald wärmeren Quellen auf, welche man, wie das Laube betont, alle als Thermen im weitern Sinne des Wortes ansehen kann, wenn auch absolute Thermen darunter nur in der Minderzahl vorhanden sind [1]). Diese Bruchlinie hat aus dem eben erwähnten Grunde die Bezeichnung der böhmischen Thermalspalte erhalten. Sie verläuft im großen und ganzen von S.W. nach N.O. und parallel mit ihr treten noch weitere große Verwerfungsspalten im Erzgebirge auf, welche wiederum von von N.W. nach S.O. verlaufenden anderen Bruchlinien durchkreuzt werden. Auf die Entstehungsursachen dieser großen Spalten im nördlichen Böhmen können wir hier nicht näher eingehen. Dieselben stehen im Zusammenhange mit denjenigen Vorgängen, welchen das Alpengebirge seine Erhebung verdankt. Wer sich genau darüber orientieren möchte, der sei auf das kleine Buch von Laube: Geologische Excursionen im Thermalgebiet des nördlichen Böhmens u. s. f. [2]) verwiesen, worin diese Verhältnisse in leicht verständlicher Weise dargestellt sind. Bis ins Kleine hinein zeigen sich diese Kluftrichtungen in den die erwähnten Spalten umgebenden Gebirgsteilen ausgeprägt. Durch Daubrées experimentelle Untersuchungen wissen wir, daß diese Erscheinungen auf Torsion und Druck zurückzuführen sind, welche die betreffenden Gesteinskörper infolge derselben Umstände erlitten haben, welche den Einbruch des Südflügels des erzgebirgischen Sattels und die Bildung der böhmischen Thermalspalte bewirkten. Nach Entstehungsweise und Form sind es dieselben Phänomene, wie die uns schon aus dem zweiten Kapitel dieses Buches bekannten Diaclasen.

Auf der Südseite der Thermalspalte, auf zwei ostwestlich gerichteten parallelen Zügen, die aber der ersteren nicht parallel verlaufen, sondern dieselbe zwischen Dux und Ossegg in einem spitzen Winkel schneiden, entspringen die Teplitz-Schönauer Quellen dem

---

[1]) Über „Thermen" im weiteren Sinne und über „absolute Thermen" siehe genauere Mitteilungen im Kapitel 11.

[2]) Leipzig, Veit & Cie. 1884.

dortigen stark zerklüfteten Porphyrgestein. Die beiden Quellenzüge fallen genau zusammen mit der einen der im Porphyr vorherrschenden Kluftrichtungen. Ebenfalls auf der Südseite der böhmischen Thermalspalte treten die Karlsbader Thermen auf, u. z. wiederum in zwei parallelen Zügen, deren Richtung der einen der Kluftrichtungen des Granits entspricht, welchem die Thermalquellen entströmen. Auch die Karlsbader Quellenlinien laufen der Thermalspalte nicht parallel, sondern würden in nördlicher Richtung das Erzgebirge treffen.

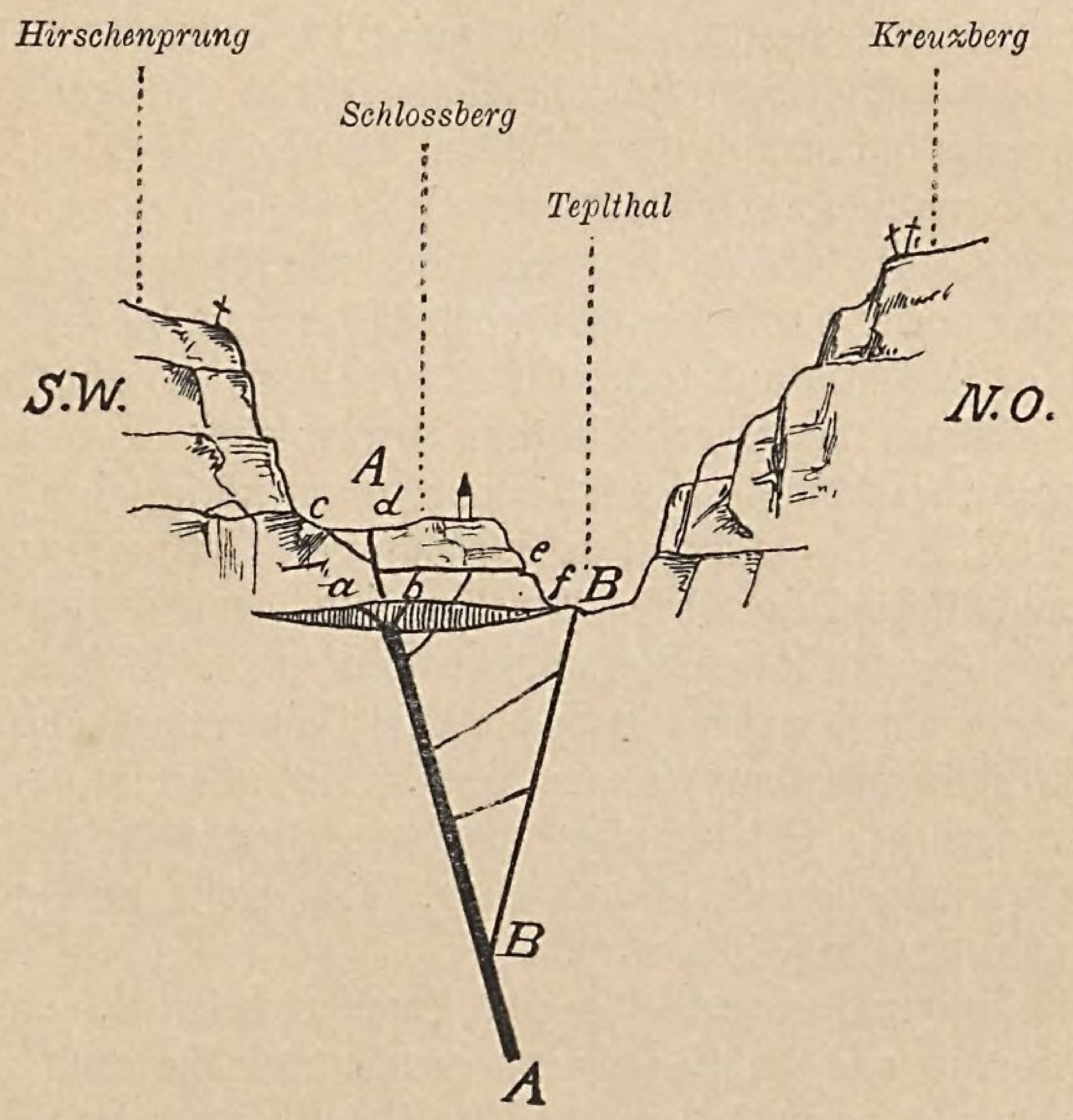


Fig. 27.
Die beiden Hauptspalten der Thermen von Karlsbad. Nach Hochstetter.

Die wichtigste der beiden Karlsbader Quellenlinien ist die sogen. Sprudelhauptspalte; dieselbe ist die große Gebirgsspalte, auf welcher alles heiße Wasser der Thermen aus der Tiefe aufsteigt. Die zweite Linie, die Mühlbrunn-Nebenspalte, trifft etwa 258 Meter unter der Erde die Sprudelhauptspalte, die nordöstlich einfällt, während die erstere dies in südwestlicher Richtung thut. Durch eine Reihe von Thatsachen ist der Zusammenhang beider Quellenspalten in der Tiefe erwiesen. Von diesen zweigen sich noch eine Reihe weiterer Seitenspalten ab, wie das auch die obenstehende Figur 27 zeigt.

Die Thermen von Aachen-Burtscheid brechen aus einer im devonischen Kalkgebirge aufsetzenden Verwerfungskluft hervor, die mehr oder minder in nordsüdlicher Richtung verläuft und das Gebirge bis zu einer bedeutenden Tiefe zerrissen hat, so daß dadurch den Wasserläufen der Weg auch in den geschlossenen Schichtenfolgen geöffnet wurde. Auf einer Verwurfsspalte zwischen krystallinischem und geschichtetem Gebirge zeigen sich die Thermalquellen von Baden-Baden. Quellen, die längs einer Verwurfsspalte auftreten, bilden die sogenannten Quellenlinien oder Quellenzüge, Worte, welche wir in diesem Kapitel schon mehrfach gebraucht haben und deren Bedeutung sich eigentlich von selbst versteht. In der böhmischen Thermalspalte haben wir einen solchen Quellenzug bereits kennen gelernt, wir wollen als weiteres Beispiel noch denjenigen erwähnen, welcher von Echaillon bei Grenoble in den Alpen der Dauphiné über Courmayeur an der Südseite des Montblanc bis nach Leukerbad im Wallis, also auf mehr als 260 Kilometer sich dahinzieht und an eine in derselben Richtung verlaufende Verwurfsspalte gebunden ist. Es dürfte ebenfalls wohl kaum nötig sein, hier nochmals die Erklärung dafür zu geben, wann die Verwerfungsquellen bald gewöhnliche, bald Thermalquellen sind, denn es liegt auf der Hand, daß je tiefer solche Verwurfsspalten in die Tiefen der Erde hinabreichen, um so größer auch die Tiefe sein wird, aus welcher das Quellwasser emporgelangen kann. Auf Verwerfungsklüften von nur geringer Sprunghöhe werden daher nur gewöhnliche Quellen aufsteigen, aus solchen aber, die große und gewaltige Bruchlinien anzeigen, Thermen.

Nun sind uns eine Reihe von Quellen bekannt, und zwar Thermen, die aus Klüften hervorbrechen, welche man mit den eigentlichen Verwerfungen nicht völlig identifizieren kann, und die vielmehr denjenigen Erscheinungen entsprechen, welche Daubrée Diaclasen genannt hat. Es lassen sich diese letzteren allerdings nicht völlig von den Verwurfsspalten trennen, denn beide Phänomene haben in den allermeisten Fällen wenigstens dieselben Entstehungsursachen und sind vielfach innig mit einander verbunden. Quellen jedoch, welche aus derartigen Diaclasen hervorkommen und ohne daß irgend eine größere Verwerfung im Zusammenhang mit ihrer Entstehung stünde, kann man eigentlich nicht als Verwerfungsquellen bezeichnen. Wir wählen dafür den Namen Kluftquellen, welcher allerdings bisweilen schon für diejenigen Quellen angewandt wird, welche wir als Spaltquellen (Kapitel 3)

aufgeführt haben, den wir aber nur für die hier in Frage stehenden Thermen brauchen wollen. Die Thermalquellen von Wildbad im schwäbischen Schwarzwald sind dafür ein gutes Beispiel. Sie entspringen aus tief in den Granit hineinreichenden Klüften, die ungefähr ostwestlich und einander ziemlich parallel verlaufen, stehen aber in keinerlei Zusammenhang mit irgendeiner mächtigen Verwerfungsspalte, wenn die Zerklüftung des Granits auch zweifellos in gebirgsbildenden Vorgängen und in Verschiebungen innerhalb der Erdfeste ihre Ursache hat. Aus Diaclasen eocäner Gesteine, deren Entstehung wohl in denselben Umständen begründet ist, strömen die Thermen von Pfäffers hervor, die wir als weiteres Beispiel von Kluftquellen hier anführen wollen.

Nicht selten zeigt sich, daß die erwähnten Verwurfsklüfte und Diaclasen später von Erzmassen ausgefüllt wurden, daß sich also Gänge gebildet haben, aus welchen die Quellen dann hervortreten. Nach einem der kompetentesten Kenner der Erzgänge, nach A. Stelzner, sind diese letzteren nämlich zum allergrößten Teile eben dadurch entstanden, daß in den Spalten und Klüften aufsteigende Gewässer, u. z. solche von höherer Temperatur und mit stärkerem Gehalt an gelösten Substanzen, diese Stoffe darin abgesetzt haben. Der Stelznerschen Ansicht, der sogen. Ascensions- oder Thermaltheorie, steht diejenige Sandbergers gegenüber, wonach der Gehalt an Gelöstem des in den Klüften und Spalten zirkulierenden Wassers nicht aus der Tiefe mit heraufgebracht worden ist, sondern vielmehr als ein Auslaugungsprodukt der die Gänge einschließenden Gesteine angesehen werden muß. Es ist dies die sogen. Lateralsekretionstheorie. Aus Flußspatgängen, welche in nordwestlich-südöstlicher Richtung den Granit von Plombières in den französischen Vogesen durchsetzen, kommen die dortigen berühmten Thermalquellen heraus, einige der Karlsbader warmen Quellen entströmen Gängen von Hornstein, die im Granit aufsetzen; auf einen innigen Zusammenhang zwischen den Erzlagerstätten im toscanischen Erzgebirge und den vielen daselbst vorkommenden Thermen deuten auch die Untersuchungen hin, welche Lotti [1]) neuerdings darüber angestellt hat.

Die vorerwähnten Thatsachen führen uns auf ein Gebiet hinüber, das wir hier leider nicht betreten können, nämlich auf

---

1) Die geologischen Verhältnisse der Thermalquellen im toscanischen Erzgebirge. Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1893, pag. 372 ff.

dasjenige von der Beteiligung der Quellen der Vorzeit an dem Aufbau geschichteter Gebirgsglieder. Der französische Gelehrte Daubrée[1]) hat in scharfsinniger Weise diese Frage behandelt und ist dabei zur Überzeugung gelangt, daß die ehemaligen Quellen an der Bildung der Sedimente sich entweder direkt beteiligt haben, oder daß dieselben den absetzenden Gewässern an der Erdoberfläche Gesteinsmaterial zuführten. Aus der Tiefe und aus der Art der Mineralabsätze der alten Quellen kann man auf die Temperatur ihrer Gewässer Schlüsse ziehen, und durch die Erforschung der Erzgänge läßt sich die Geschichte der Quellen der Vorzeit in Bezug auf die Ausdehnung ihres Netzes, auf ihren Beginn, ihre Dauer und ihr Ende mehr oder weniger wiederherstellen, eben weil wir wissen, daß viele unserer gegenwärtigen Mineralquellen noch mit den früheren Erzablagerungen in Gängen oder in Lagern, oder mit alten Ausbruchsstellen von Eruptivgesteinen, oder mit Hebungen, Senkungen und den gebirgsbildenden Vorgängen, also mit früheren Bewegungen in der Erdfeste in Verbindung stehen. „In seinem andauernden und bis in die Tiefen unserer Erde reichenden Kreislauf", sagt Daubrée, „und in seiner in erster Linie auf chemischem Gebiete sich bewegenden Arbeitsleistung zeigt das Wasser sozusagen eine vitale Thätigkeit, die sich während aller Lebensalter unseres Planeten erhalten hat. Deshalb erklären sich die früheren und gegenwärtigen Vorgänge und Erscheinungen auch gegenseitig."

Sechstes Kapitel.

Von den Beziehungen der Quellen zum geologischen Aufbau ihres Areals.

4. Quellen, die mit Höhlungen und Klüften in den Gebirgsschichten in Zusammenhang stehen.

Rückblick auf die im ersten Kapitel darüber vorgebrachten Verhältnisse. Die Quellen der Causses im Languedoc und ihre Entstehungsweise. Die unterirdischen Flußläufe im Karstgebiete. Die intermittierenden Quellen. Schluß.

Den Einfluß, welchen ein zerklüfteter Boden auf die Quellenbildung erlangen kann, haben wir schon früher, in Kapitel 1 dieses Buches, etwas berührt. Klüfte und Spalten, in welche die atmo-

[1]) Eaux sousterraines, Bd. 3.

sphärischen Niederschläge rasch einsickern, Höhlen und Grotten, die im Erdinnern als Wassersammler dienen, können die Veranlassung dafür werden, daß in den betreffenden Arealen gewaltige Wasserausströmungen vorhanden sind, die aus gewölbeartigen Öffnungen hervorbrechen, oder auch, daß an der Erdoberfläche dahinfließende Bäche und Flüsse urplötzlich verschwinden, um anderswo, manchmal in weiter Entfernung von der Stelle ihres Versinkens, als mächtige Quellen wieder ans Tageslicht zu treten. Die schon erwähnten Quellen der Noiraigue, der Serrières u. s. f. im schweizerischen Jura, der Blau im Schwabenlande, der Vaucluse in Südfrankreich, die doues oder sources vauclusiennes sind Beispiele für derartige Erscheinungen, worauf wir hier wohl nicht mehr zurückkommen müssen. Es sei uns aber gestattet, hier noch ein weiteres für dieselben aufzuführen, u. z. durch die Beschreibung eines Phänomens, das ebenfalls im südlichen Frankreich, im Languedoc, u. z. im Gebiete der Causses in großartigem Maßstabe auftritt. Dort sprudeln aus Höhlungen, die am Fuße von steilen Kalksteinwänden von 100 bis 500 Meter Höhe belegen sind, oder aus Spalten und Klüften dieses Gesteins große Quellen hervor, die nach den Untersuchungen Martels und Gaupillats nicht etwa von mächtigen Höhlungen im Gebirge, welche als Wasserbehälter dienen könnten, gespeist werden, sondern folgendermaßen entstehen. In die stark zerklüftete, vom unteren Malm gebildete Oberfläche der wasserspendenden Schichten dringen die atmosphärischen Niederschläge sehr leicht ein und sinken durch die unter dem Oxford und dem Callovian liegenden, ebenfalls zerborstenen Dolomitgesteine des Bathonian hindurch, bis sie auf die unteren Sedimente dieses letzteren Jurahorizontes, welche von Thonen und Mergeln dargestellt werden, gelangen und sich hier in kleinen Tümpeln ansammeln. Diese Wasseransammlungen sind aber nicht von Dauer, denn feine Risse und Sprünge durchziehen die Thone und Mergel des Bathonian, so daß das Wasser bis auf die tiefergelegenen dolomitischen Ablagerungen des Bajocians hindurchzusickern vermag, ja stellenweise sogar als förmlicher Regen darauf niederträufelt. Auch die Dolomite des Bajocian sind mehr oder weniger zerborsten und ausgewaschen, so daß da, wo Klüfte steil darin niedersetzen, Wasserläufe in denselben entstehen, die zuweilen befahrbar und der direkten Untersuchung zugänglich sind[1]).

[1]) Sur la formation des sources dans l'intérieur des plateaux calcaires des Causses. Comptes rendus, 109, 1889.

In Fig. 28 sieht man einen Durchschnitt durch die Grotte von Baumes-Chaudes in den Causses dargestellt. Derselbe zeigt deutlich, in welchem Zusammenhang die das Gebirge durchziehenden Klüfte mit den unterirdischen Wasserläufen stehen, welchen natürlich gerade auf diesen letzteren Hauptangriffspunkte für die Erosionsarbeit gegeben sind. In drei über einander liegenden Stockwerken mit Gewölben von 10—30 Meter Höhe verlaufen die Wasser, von dem einen in das andere hinabfallend. Diese Stockwerke entsprechen drei sich kreuzenden Kluftrichtungen in den Gebirgsschichten und zerlegen das Innere des Gebirges in förmliche polyedrische Klötze.

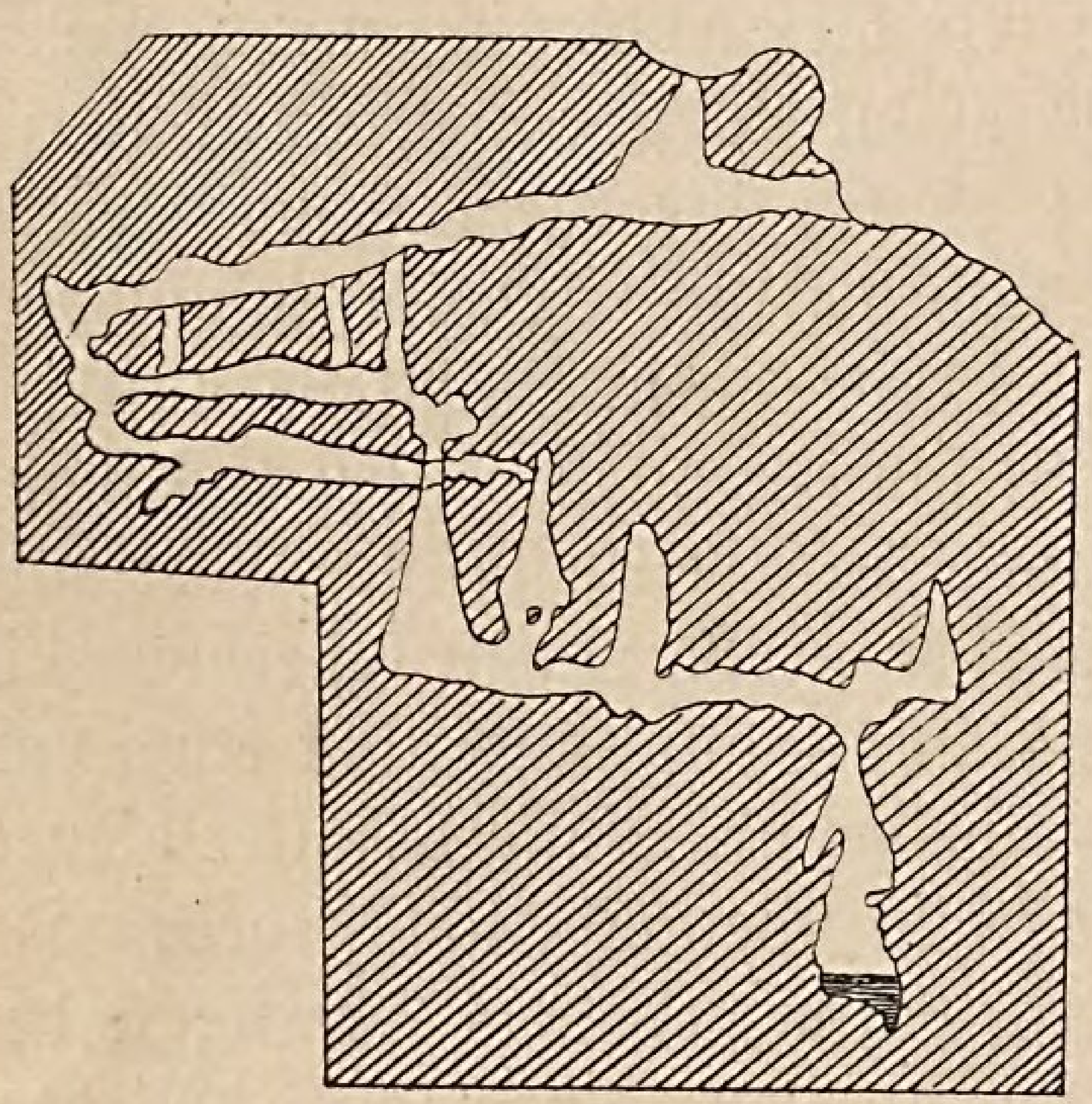


Fig. 28.
Durchschnitt durch die Grotte von Baumes-Chaudes in den Causses. Nach M. Martel.
(1 : 2000.)

Das plötzliche Verschwinden fließender Gewässer und deren Wiederzutagetreten nach einem längeren oder kürzeren unterirdischen Lauf im Karstgebiete ist nach Mojsisovics darauf zurückzuführen, daß in dieser Gegend die mechanische Arbeit der Thalbildung durch andauernde oder auch zuweilen intermittierende Gebirgsfaltung gestört und unterbrochen wird, die Gesteine also starker Zerklüftung unterliegen. In dem relativ leicht löslichen Kalkstein, der ohnedies stark zur Zerklüftung geneigt ist, kann sich hier das Wasser zunächst durch chemische Prozesse, dann aber später durch vereinigt chemisch-mechanische Erosion unterirdische Abflußwege verschaffen, zumal wenn, wie in den beregten Karstarealen, die Schichtenstellung eine sich nur sehr wenig von der horizontalen Lage entfernende ist. Wenn die Gebirgsstauung aber aufhört oder an Intensität verliert, so stürzt das Deckgebirge nach und nach ein, die gleichzeitig an der Erdoberfläche vor sich gehende Denudation verwandelt die unterirdischen Flußläufe allmählich in oberirdische und der Karst-Prozeß ist zu Ende. Letzterer ist demnach nur eine besondere Form der Erosion in reinen Kalkgebieten. Die Hauptangriffspunkte der chemischen Auflösungsthätigkeit der Niederschläge auf dem Karstgebirge und die sogenannten Karsttrichter, die in die Kategorie der

geologischen Orgeln gehören dürften[1]). Als Beispiel für einen derartigen unterirdischen Flußlauf im Karstgebiet wollen wir die Reka anführen, welche nach einem etwa 80 Kilometer langen Verlauf an der Erdoberfläche sich bei St. Canzian in dunkle Abgründe hineinstürzt und unterirdisch weiterfließt; wohin, das ist mit absoluter Sicherheit noch nicht ergründet, wenn es auch sehr wahrscheinlich sein dürfte, daß die Reka in dem nur einen Kilometer langen Timavo, der etwa 20 Kilometer nördlich von Triest aus einer Felswand entspringt und sofort schiffbar ist, ihre Fortsetzung hat.

Mit Höhlungen und Klüften in den Gebirgsschichten hängen auch die Erscheinungen zusammen, welche man als *intermittierende Quellen* bezeichnet, und welche bald reichlich, bald nur wenig Wasser spenden, dann auch plötzlich versiegen, um nach längerer oder kürzerer Zeit ebenso plötzlich wieder zu fließen. Wir meinen hier nicht die von der Jahreswitterung abhängigen sogenannten *Hunger-*, *Teuerungs-* oder auch *Monats-*, *Frühjahrs-*, *Sommerquellen* u. s. f., deren Entstehung sich aus dem in der Einleitung und in den vorhergehenden Kapiteln dieses Buches Gesagten von selbst erklärt[2]). Auch die vom Volke derartigen Quellen gegebenen Benennungen sind selbstverständlich. Zur Erläuterung der als Hunger- oder Teuerungsbrunnen bezeichneten Quellen mag hier übrigens noch betont werden, daß damit solche gemeint sind, die nur in sehr niederschlagsreichen und dem Ernteertrag ungünstigen Jahren, also in Zeiten zum Vorschein kommen, in welchen die Korn- und Feldfruchtpreise steigen, und es mag ferner noch hier kurz erwähnt werden, daß ein berühmter schweizerischer Naturforscher im verflossenen Jahrhundert, Jakob Scheuchzer in Zürich, sich die Mühe gegeben hat, die Richtigkeit der Volksmeinung in Beziehung auf den Hungerbrunnen von Wangen im Kanton Zürich zu prüfen, indem er dessen Ergiebigkeit mit den Kornpreisen der betreffenden Jahre verglich.

Die Quellenform, von welcher wir hier sprechen wollen, entsteht dadurch, daß sich die Sickerwasser nach und nach in unterirdischen Höhlungen und Klüftungen ansammeln, die nach außen hin in

---

[1]) Mojsisovics, Zur Geologie der Karst-Erscheinungen. In: Zeitschrift der deutsch-österr. Alpenvereins, 1880, pag. 111 ff. Etwas andere Ansichten hat neuerdings J. Cvijić in seiner Arbeit: Das Karstphänomen, in Pencks Geogr. Abhandlungen, Bd. V, Heft 3 vertreten, Wien 1893.

[2]) Näheres hierüber in: Lersch, Hydrophysik, pag. 101 ff.

einen heberartigen Kanal einmünden. Fig. 29 giebt die Darstellung eines solchen Hebers. Es sei ABC eine einfache gebogene Röhre, deren Teil AB nicht so weit hinabreicht, als der Teil BC fällt. Bringt man den kürzeren Teil mit einem Gefäß D in Verbindung und giebt Wasser in dieses letztere, so wird das Wasser, je nachdem dasselbe im Gefäße steigt, auch im Teile AB ansteigen. Sobald es nun im Gefäß einen mit der Biegung der Röhre bei B gleich hohen Punkt erreicht hat, steigt es rasch in AB hinauf und sinkt im Teile BC hinab. Das Wasser fährt fort durch die Röhre zu laufen und das Gefäß entleert sich, bis sich die Oberfläche des Wassers unter der Öffnung des Heberrohres bei A befindet. Wir denken uns nun nach Fig. 30 im Gestein Klüfte und einen Hohlraum

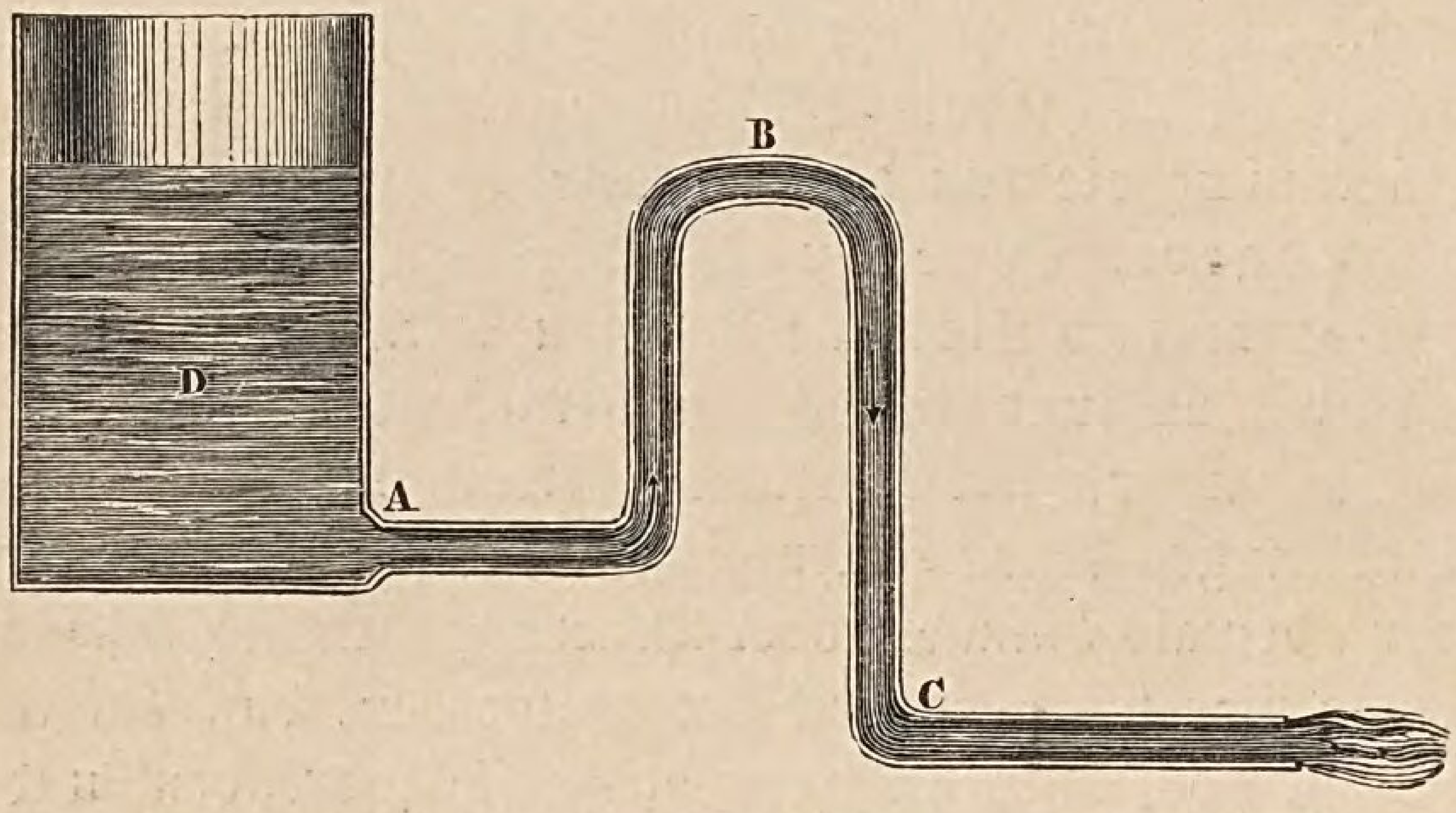


Fig. 29. Heber.

raum D, in welchen an verschiedenen Stellen, so auch beim Punkte E, Wasser einströmt oder nach und nach einsickert. Je mehr das Wasser die Höhlung erfüllt, um so mehr steigt es auch im Zweige AB an, hat es die Höhe von B erreicht, so fließt es dann in BC hinab, indem es aus diesem Teile der Spalten mit Geräusch alle Luft vertreibt, und es wird fortfahren, sich durch diesen Abzugskanal zu entleeren, bis das Sammelbecken D fast ganz wasserfrei geworden ist, also bis das Niveau des Wassers in demselben unter dasjenige des Punktes A sank. Dann hört das Fließen auf und wird erst wieder beginnen können, wenn das Wasser im Hohlraum D wieder das Niveau vom Punkte B erreicht hat. Die Dauer des Fließens einer solchen intermittierenden Quelle hängt demnach ab von dem Umfang des Sammelreservoirs, von der Wasserzufuhr, welche dasselbe erhält, und naturgemäß auch vom Durchmesser der Abfluß-

kanäle. Daraus erhellt, daß einige intermittierende Quellen nur wenige Minuten, andere dagegen Stunden oder Tage lang fließen. Es ist ferner klar, daß, um eine intermittierende Quelle zu erzeugen, die Abzugskanäle mehr Wasser fortführen müssen, als die dem Sammelbecken zugeführte Wassermenge beträgt, denn sonst würde sich ja das Wasser ständig in der Höhe von der Biegung B erhalten können, und das Fließen der Quelle erlitte keinerlei Unterbrechungen. Da des weiteren das Fließen abhängt von der Wassermenge, welche sich zu der Zeit im Sammelbecken befindet, wo der Heber in Thätigkeit tritt, und von derjenigen, welche sich während dieser

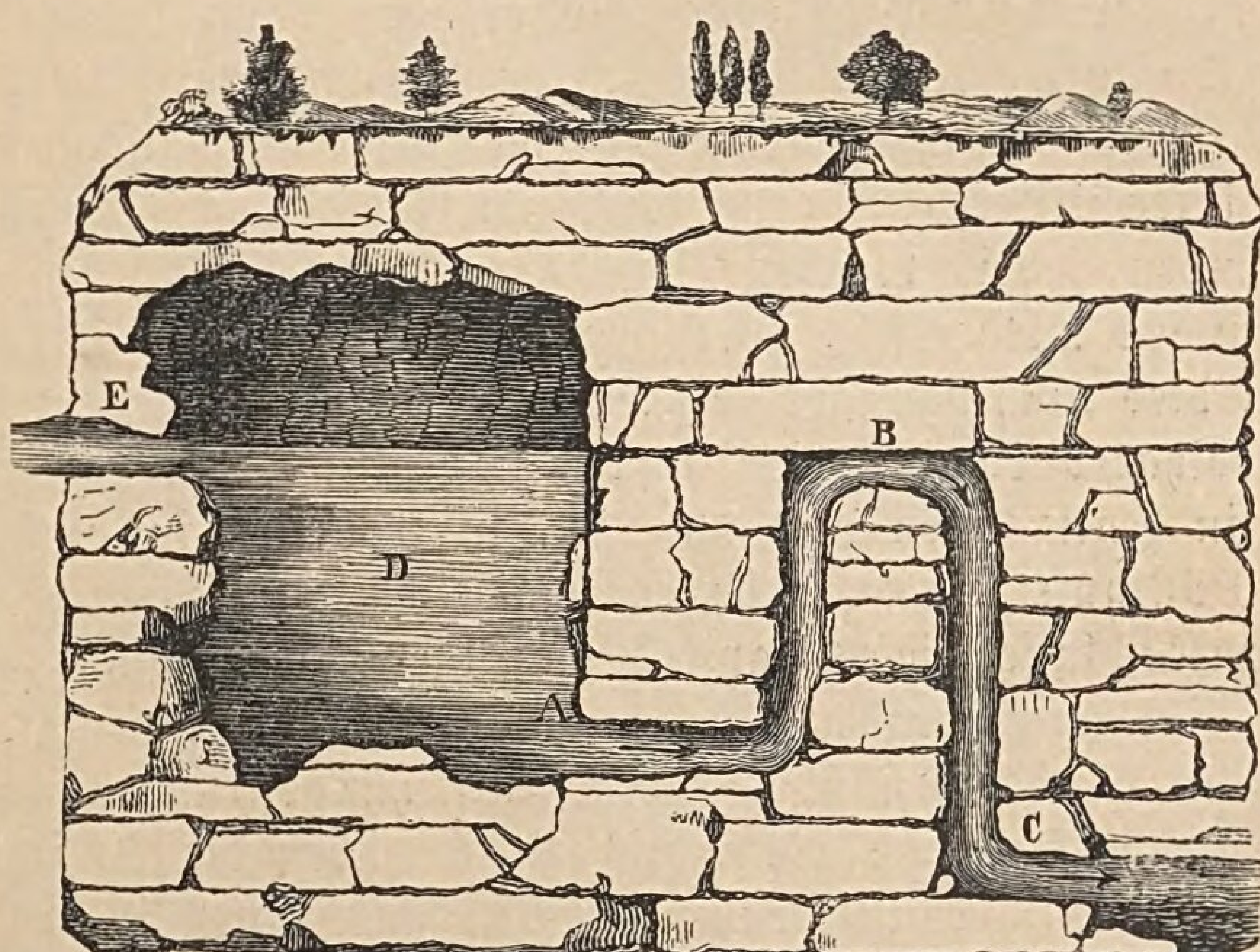


Fig. 30.
Schematischer Durchschnitt zur Erklärung der intermittierenden Quellen.

letzteren darein ergießt, so ist es plausibel, wenn während starker Regenfälle, wodurch die Wasserzufuhr vermehrt und das Sammelbecken rascher gefüllt wird, die Zeit des Intermittierens einer solchen Quelle eine kürzere ist, als diejenige ihres Fließens. Ist dagegen die Wasserzufuhr infolge von Trockenheit eine nur geringe, so intermittiert die Quelle während längerer Zeiträume, um nur während kürzerer Perioden zu fließen. Man könnte daher gewisse dieser intermittierenden Quellen mit demselben Rechte Hungerbrunnen nennen, als diejenigen, auf welche man sonst diesen Namen überträgt, was übrigens auch schon geschehen ist.

Wechselnde Spannungen der aus dem Quellenkanal aufsteigenden Gase sind übrigens ebenfalls im stande, Intermittenz der Quellen

hervorzubringen, wie wir das im achten Kapitel noch näher kennen lernen werden.

Intermittierende Quellen, wie die vorgeschilderten, sind keine Seltenheiten. Der schwäbische Jura weist beispielsweise manche derartige Vorkommnisse auf, so im Oberamt Urach, am Bröller, im Lonsinger Thal u. s. f. In den porösen Gesteinen des Malm sammelt sich das Wasser an und fließt dann plötzlich an Stellen über, woselbst sonst Jahre lang kein Wasser zu haben war. „Das Überaich macht sich Luft" sagt dann der Volksmund, u. z. zuweilen mit solcher Gewalt, daß nahebei gelegene Orte überflutet werden und daß der hervorbrechende Wasserstrom dann Mühlenräder treiben könnte[1]). Neben solchen Quellen von längerer Intermittenz sind auch solche bekannt, die jeden Tag oder auch sogar mehrmals täglich intermittieren, so eine solche im Val d'Arsa bei Remüs in Graubünden, bei welcher sich diese Erscheinung innerhalb 24 Stunden wiederholt, oder gewisse Quellen am Pilatus, bei welchen dies noch häufiger geschieht. Die Idzuk-Quelle zu Kimp im Südbiharer Komitate in Ungarn intermittiert in regnerischen Zeiten in Intervallen von 10—15, in trockenen in solchen von 20—30 Minuten und ergiebt jedesmal etwa 40 Eimer Wasser.

Zum Schlusse dieses Kapitels mag hier noch erwähnt werden, daß die intermittierenden Quellen schon die Gelehrten des Altertums zum Nachdenken über deren Entstehungsursachen angeregt haben. Athenäos aus Naukratis hat darüber die Ansicht ausgesprochen, die intermittierenden Quellen hätten im Winter längere Intervalle, als im Sommer, weil die Kälte das Wasser verdichte, Seneca und andere waren der Meinung, daß hier ein unerklärliches Naturgesetz walte, ähnlich wie dasjenige, welches die Jahreszeiten oder die Geburt bedinge, Athanasius Kircher jedoch ist schon geneigt gewesen, die Hebertheorie zur Erklärung der intermittierenden Brunnen heranzuziehen.

---

[1]) Quenstedt, Begleitworte zum Atlasblatt Urach der geogr. Spec.-Karte von Württemberg, pag. 22—23.

Weitere Litteratur zu diesem Kapitel:

Martin Kříž, Der Lauf der unterirdischen Gewässer in den devonischen Kalken Mährens; im Jahrb. der k. k. geol. Reichsanstalt, 1883, pag. 253 ff., 693 ff.

Derselbe, Die Höhlen in den mährischen Devonkalken und ihre Vorzeit; ibid., 1891, pag. 441 ff.

A. Knop, Über d. hydrogr. Beziehungen zwischen der Donau und der Aachquelle im badischen Oberlande; im Neuen Jahrbuch für Mineralogie u. s. f. 1875, pag. 942 ff., und 1878, pag. 350 ff.

Siebentes Kapitel.

Vom Einfluß der mineralischen Zusammensetzung der Gesteine eines Areals auf die Beschaffenheit seiner Quellen.

Allgemeines. Von der Löslichkeit gewisser Mineralien und Gesteine im Wasser. Kohlensaurer Kalk, Magnesiakarbonat, Gips und Steinsalz. Silikate. Reinstes Quellwasser meist im Urgebirge und in Sandsteingebieten. Beispiele. Weiche und harte Quellwasser. Härtegrade. Die Verteilung, Eigenschaften und wesentlichen Merkmale der Quellen in ihrer Abhängigkeit vom geologischen Aufbau des Landes. Beispiele hiefür nach den Arbeiten der Rivers pollution commission in England und anderen.

Cf. hiezu die Beilagen 2 und 3.

Die gewaltigen gesteinsauflösenden Kräfte, welche dem in den Erdboden eindringenden und mit Kohlensäure und anderen Gasen und festen Stoffen beladenen Wasser innewohnen, sind schon in der Einleitung (pag. 24—27) berührt worden. Schon daraus erhellt ja ohne lange Auseinandersetzung in genügender Weise, von welchem Einfluß die mineralische Bodenbeschaffenheit eines Areals, d. h. die Zusammensetzung der dieses letztere konstituierenden Gesteine auf seine Quellen sein muß. Den einen Teil dieses Einflusses, denjenigen auf das Vorhandensein von Quellen überhaupt im betreffenden Gebiete und auf deren größere oder geringere Ergiebigkeit, haben wir ja schon kennen gelernt, nämlich die Abhängigkeit der Quellen von den mehr oder minder starken wasserdurchlässigen Eigenschaften der Schichten, Eigenschaften, welche ja nicht nur in der größeren oder geringeren Zerklüftung oder in der Kompaktheit dieser Ablagerungen, sondern auch — wir erinnern an die Thone — in noch viel höherem Maße in deren mineralischer Zusammensetzung begründet sind [1]). Hier haben wir es nun mit den zwischen der geologischen Beschaffenheit eines Gebietes und dessen Quellen in chemischer Hinsicht bestehenden Beziehungen zu thun.

Wenn wir absehen von einer Anzahl sehr leicht löslicher Stoffe, die übrigens eben wegen dieser ihrer Leichtlöslichkeit in der Natur nur noch selten und dann nur an besonders geschützten Stellen vorkommen, so die Vitriole des Eisens und des Kupfers, der Salpeter u. s. f., so sind es besonders der kohlensaure und der schwefelsaure Kalk, die kohlensaure Magnesia und das Chlornatrium,

---

[1]) Die British Association hat im Jahre 1883 Untersuchungen über die Absorptionsfähigkeit der hauptsächlichsten triassischen und jurassischen Felsarten in Bezug auf Wasser anstellen lassen, um über die Wasserzirkulation im Untergrunde des britischen Reiches und über die diese letzteren bedingenden Umstände genaueren Aufschluß zu erlangen. Cf. auch Daubrée, Eaux sousterraines, I, pag. 16—17.

worauf die Sickerwasser in hervorragendem Maße direkt einzuwirken im stande sind. Allein schon die geringe Menge von Kohlensäure, welche das atmosphärische Wasser in flüssiger oder fester Form der Luft entzieht, verstärkt dessen auflösende Thätigkeit in nicht zu unterschätzender Weise. Der verstorbene Professor der Geologie an der Hochschule zu Erlangen, Dr. Pfaff, hat dies durch einen Versuch gezeigt.

Eine Platte lithographischen Schiefers von 2.640 spez. Gewicht und 2520 Quadratmillimeter Oberfläche verlor, den Einwirkungen der Atmosphärilien ausgesetzt, innerhalb zwei Jahren 0.180 gr an Gewicht, und die vorher ganz glatte Oberfläche war ganz matt geworden. Nach Leube hat das lithographische Schiefergestein von Solnhofen folgende Zusammensetzung:

Kohlensaurer Kalk	95.35 %
Kohlensaure Magnesia	1.78 „
Kohlensaures Eisenoxydul . . .	0.17 „
Thonerde	2.70 „
	100 Teile.

Wenn man nun das spez. Gewicht des lithographischen Gesteins = 2.6 setzt, so betrüge die jährliche Abtragung $^1/_{72.8}$ Millimeter, es würde also ein Zeitraum von 72 000 Jahren dazu nötig sein, um unter ähnlichen klimatischen Verhältnissen einen Felsen desselben Gesteins um 1 Meter zu erniedrigen[1]). Das mit dem Erdboden noch nicht in Berührung gekommene atmosphärische Wasser — und nur von solchem war soeben die Rede — ist jedoch mit Kohlensäure noch nicht gesättigt, sondern enthält nur erst verhältnismäßig recht wenig davon, kann also noch lange nicht die gleichen auflösenden Kräfte entfalten, wie das mit dem genannten Gase gesättigte. Während zur Auflösung eines Gewichtsteiles kohlensauren Kalkes 50 000 Gewichtsteile reinen Wassers nötig sind, genügen schon 1000 solcher, aber mit Kohlensäure gesättigter Gewichtsteile, um die gleiche chemische Arbeit zu leisten. So entziehen beispielsweise die dem Teutoburger Walde und der Haar entströmenden Flüsse ihrem Quellgebiet jährlich eine Menge kohlensauren Kalkes, welche einem Würfel von 33 Meter Seitenlänge entspräche[2]). Dieses Quantum lösen die in die Erdrinde ein-

---

[1]) Pfaff, Zeitschrift d. Deutschen geolog. Gesellschaft, 1872, Bd. 24, pag. 405 ff. Roth, Chemische Geologie, I, pag. 70.

[2]) Credner, Geologie, 7. Aufl. pag. 197.

dringenden und darin zirkulierenden kohlensäurehaltigen Gewässer im Innern der genannten Gebirge auf und bringen dasselbe bei ihrem Hervortreten an die Erdoberfläche als Quellen zu Tage. Es ist damit noch nicht einmal gesagt, ob dieser 33 Meter Seitenlänge besitzende Kalkwürfel auch wirklich der Gesamtmenge des von den in Betracht kommenden Sickerwassern Gelösten beträgt, denn einen Teil dieses letzteren mögen dieselben auch schon in unterirdischen Hohlräumen wieder abgesetzt und darum nur einen Bruchteil der gelösten Massen mit sich an die Oberfläche gebracht haben. Auch wiederum nur einen Teil dieses Bruchteils schleppen die Quellwasser weiter mit sich fort, während ein anderer Teil derselben infolge von Entweichen von Kohlensäure beim Hervortreten der Quelle an die Erdoberfläche oder durch Verdunsten und Erkalten des Wassers, oder auch durch Mithilfe pflanzlicher Organismen am Quellrande selbst oder in dessen nächster Umgebung in der Form von Kalksinter und Kalktuff niedergeschlagen wird. (Beilage 2.)

Viel schwerer löslich als der kohlensaure Kalk ist die kohlensaure Magnesia, und wenn daher Sickerwasser eine aus einem Gemenge beider Mineralien bestehende Schichtengruppe, dolomitische Kalke, angreifen, so wird im Verhältnis viel mehr kohlensaurer Kalk in Lösung fortgeführt werden, als kohlensaure Magnesia. Es entsteht infolgedessen eine Anreicherung dieses letztgenannten Minerals in der betreffenden Schichtengruppe, das Gestein wird d o l o m i t i s i e r t.

Anders der Gips, der schon in 400 bis 420 Teilen kohlensäurehaltigen Wassers löslich ist. Die meist linsenförmigen Einlagerungen dieses Gesteins in den Schichten der Erdrinde werden von den in dieser letzteren zirkulierenden Gewässern gewaltig angegriffen und zuweilen gänzlich ausgelaugt, so daß an deren Stelle förmliche Aushöhlungen, die sogen. Gipsschlotten, entstehen. Der Genuß von Wasser aus Gipsquellen kann zuweilen nachteilig auf den menschlichen Organismus einwirken. Wir kommen auf diesen Punkt noch zurück.

Die große Auflösungsfähigkeit des Steinsalzes oder Chlornatriums in Wasser ist allzu bekannt, als daß wir uns noch eingehender an dieser Stelle damit zu beschäftigen hätten. Die salzhaltigen Quellen bezeichnet man als Salzquellen oder als Solen. Wir werden Gelegenheit haben, dieselben noch näher kennen zu lernen.

Auf die Verbindungen der Kieselsäure mit Kalk, Kali, Natron, Eisen und Mangan, also auf die Mineralien der Feldspatgruppe, der Amphibol- und Pyroxenreihe u. s. f. wirken die kohlensäurehaltigen Sickerwasser ebenfalls ein. Dann entstehen Gewässer, welche die kohlensauren Verbindungen, die Karbonate des Kalks, des Kali, des Natrons, des Eisenoxyduls und des Manganoxyduls, die schwefelsauren Verbindungen, die Sulfate des Kalks, der Magnesia, des Eisenoxyduls und etlicher Metalle, ferner freie Kieselsäure oder die kieselsauren Verbindungen, die Silikate der Alkalien, des Kalks, der Magnesia, der Thonerde und von Eisenoxyden, schließlich Chlornatrium und andere Chlorüre, sowie Fluoralkalien in Lösungen enthalten[1]). Die Quellwasser bringen auch diese gelösten Stoffe nicht sämtlich mit sich zu Tage, denn ein Teil derselben wird von den letzteren schon in größeren oder kleineren Hohlräumen des Erdinnern wieder abgesetzt oder ausgetauscht gegen andere Stoffe, wenn mit verschiedenen Lösungen beladene Sickerwasser auf ihren unterirdischen Wegen zusammentreffen u. s. f., kurzum, zumeist fließt nur ein Teil derselben mit den Quellen an die Erdoberfläche heraus. Diejenigen Quellwasser, welche eine größere Menge fester mineralischer und gasförmiger Stoffe gelöst enthalten als die gewöhnlichen Wässer, bezeichnet man als Mineralquellen, von welchen noch später die Rede sein wird.

Die reinsten Quellwasser sind die aus dem Urgebirge und aus den von Sandsteinschichten bedeckten Gegenden stammenden, wenn auch diese immerhin noch etliche feste Bestandteile enthalten, im Minimum 0.0014—0.005 $^0/_0$, u. z. Kieselsäure und Alkalien. Es sind meist Quellwasser, denen die Prädikate ganz vorzüglicher und vortrefflicher Trinkwasser im vollsten Maße zukommen. So beispielsweise die gewöhnlichen Quellwasser aus Granit, Gneis und rotem Totliegenden Württembergs, welche alle die auslaugbaren Stoffe, welche in den genannten Gesteinen vorhanden sind, in ganz geringer Menge enthalten, dabei krystallklar, mild und frisch sind, wahre Ideale eines vorzüglichen Trinkwassers. Gleichwertig sind diesen letzteren die aus dem Buntsandstein dringenden Quellwasser, deren chemischer Gehalt natürlich ein nur sehr geringer sein kann, denn die Hauptmasse der Stoffe, womit das Wasser in Berührung kommt, ist ja nur sehr schwer löslich[2]). Daher ist denn auch die

---

[1]) Nach Credner, Geologie, 7. Aufl.

[2]) Nach E. Wolff besteht der feinkörnige, hellrötlich gefärbte unverwitterte Buntsandstein von Neuenburg in Württemberg, zahlreiche kleine Blättchen weißen Glimmers

Reinheit der Buntsandsteinwasser fast ohne Beispiel und geht in manchen Quellbezirken so weit, daß kein chemisches Laboratorium reineres destilliertes Wasser darzustellen vermag, als es die Quellen liefern. Schon Gustav Bischof hat ein Quellwasser aus dem Buntsandstein bei Heidelberg für das reinste erklärt, das ihm je vorgekommen sei, zumal keines der angewandten Reagentien, nicht einmal salpetersaures Silberoxyd, im mindesten reagierte. Im chemischen Laboratorium der Heidelberger Hochschule wurde und wird wohl heute noch solches Quellwasser verwandt, denn durch alle künstlichen Hilfsmittel könnte wohl kaum ein reineres als dieses erzeugt werden. Es liegt auf der Hand, daß natürlich die Wasser der verschiedenen Quellenhorizonte des Buntsandsteins sich bezüglich ihrer chemischen Beschaffenheit verschieden verhalten werden. Die soeben angeführten Umstände können zwar wohl allgemeine Geltung für sämtliche aus den Schichten des Buntsandsteins selbst stammenden Gewässer beanspruchen, doch ist es nach dem Vorgesagten selbstverständlich, daß die Quellwasser aus Buntsandsteinschichten, deren Bindemittel kieseliger Natur sind, chemisch anders konstituiert sein müssen, als solche, deren Bindemittel kalkige oder dolomitische sind [1]). Die Quellen der oberen Grenzletten, die aus dem Muschelkalk gespeist werden, sind dementsprechend reich an kohlensaurem Kalk, so daß dieselben eigentlich nur bedingungsweise zum Hausgebrauch

---

enthaltend, überall mit thonigen Flecken durchsetzt, der sogen. obere Thonsandstein, aus folgenden Substanzen:

Kieselsäure	91.7348
Thonerde	3.7425
Eisenoxyd	1.4891
Manganoxydoxydul	0.0167
Kohlensaurer Kalk	0.0854
Kalk	0. 949
Magnesia	0.1114
Schwefelsäure	0.0095
Phosphorsäure	0.0249
Kali	1.8925
Natron	0.0825
Wasser } Organische Substanz	0.6236
Summa	99.9078

(In: Die wichtigeren Gesteine Württembergs, deren Verwitterungsprodukte u. s. f. II. Jahreshefte Ver. f. Naturk. in Württemberg, 23. Jahrg. 1867.)

[1]) Die dem Buntsandstein entspringende Bachquelle im Bad Teinach (württ. Schwarzwald) enthält 71.769 Centigramm kohlensauren Kalkes und 18.205 Centigramm kohlensaurer Magnesia im Kilogramm Wasser. Siehe: Fehling, Chem. Untersuchungen der Teinacher Mineralquellen, Jahreshefte Ver. f. Naturkunde in Württemberg, 1860, pag. 129 ff. u. ibid. 1866, pag. 159 ff.

verwandt werden sollten. An einzelnen Stellen setzen sie sogar Kalktuffe ab[1]).

Diejenigen Quellwasser nun, welche keinen oder nur einen sehr geringen Gehalt an kohlensaurem Kalk, oder wohl richtiger an Erdsalzen haben, bezeichnet man als **weiche** im Gegensatz zu denjenigen, welche beträchtliche Mengen dieser Substanzen in Lösung aufweisen, zu den **harten** Quellwassern. Die letzteren werden mit gewissen Ausnahmen nur in aus kalkigen Gesteinen aufgebauten Gegenden zu finden sein.

Die Menge des in den Quellwassern in Lösung vorhandenen kohlensauren Kalks und der kohlensauren Magnesia oder die äquivalente Menge anderer Erdsalze drückt man durch **Härtegrade** aus, und es ist ein sehr wichtiger Umstand, die Härtegrade eines Wassers zuvor zu kennen, ehe man dasselbe als Nutzwasser in Gebrauch nimmt. Man pflegt nun zu unterscheiden zwischen deutschen, französischen und englischen Härtegraden. Der deutsche, von Boll und von Fehling vorgeschlagene Härtegrad ist so normiert, daß 1 Teil Kalk (Calciumoxyd) in 100000 Teilen Wasser als Einheit gilt, während der französische Härtegrad 1 Teil kohlensauren Kalkes in 100000 Teilen Wasser als Einheit annimmt, sich also zum deutschen verhält, wie 100 : 56. Will man deutsche Härtegrade in französische umrechnen, so muß man dieselben mit $^{100}/_{56}$ multiplizieren. Der englische Härtegrad bezeichnet einen Gehalt von 1 Gramm kohlensauren Kalkes in einem Gallon Wasser, d. h. 1 Teil Kalkkarbonat in 70000 Teilen Wasser. Die Umwandlung solcher Härtegrade in französische geschieht durch eine Multiplikation derselben mit $^{10}/_{7}$. Wenn man bei der Ermittelung des Härtegrades eines Wassers die Bittererdesalze gleichfalls in Rechnung zu ziehen hat, was allermeist der Fall ist, so setzt man 1 Teil Bittererde = 1.4 Teile Kalkerde. Wir erläutern dies an einem Beispiel:

In 100 Liter = 100000 Gramm Wasser sind 25 Gramm Trockenrückstände vorhanden. Davon entfallen:

---

[1]) Über die hier angeführten Daten siehe näheres in:
C. Regelmann, Die Quellwasser Württembergs (in: Württemb. Jahrbücher 1874).
Fr. Pecher, Beiträge zur Kenntnis des Wassers aus den geschichteten Gesteinen Unterfrankens (Verh. phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg, 1887).
E. Küster, Die deutschen Buntsandsteingebiete, pag. 201/202.
H. Lenk, Zur geolog. Kenntnis der südl. Rhön (Verh. phys.-med. Gesellschaft zu Würzburg, 1888).

9 Gramm auf die Kalkerde und
1.5 Gramm auf die Bittererde.

In deutschen Härtegraden würde die Härte hier durch 11, in französischen durch etwa 19.48 ausgedrückt werden. Denn:

$$9 + 1.5 \times 1.4 = 9 + 2 = 11, \text{ oder } \frac{100 \, . \, 11}{56} = 19.48.$$

Man hat zu unterscheiden zwischen der gesamten oder absoluten, d. h. der natürlichen, und der permanenten oder bleibenden Härte, welche nach einhalb- bis dreiviertelstündigem Kochen des Wassers noch vorhanden ist und durch die Sulfate und Chloride von Kalk und von Talkerde verursacht wird. (Beilage 3.)

Im allgemeinen gilt als Forderung für ein tadelloses Trinkwasser, daß es 32 französische Härtegrade besitzen, also in je 100 000 Teilen Wasser 32 Teile kohlensauren Kalks enthalten soll. „Ein solches Wasser", sagt Fraas[1]), „entspricht ebenso den Ansprüchen der Gesundheitspflege, als den Anforderungen der Industrie und rechtfertigt unbedingt die größten Opfer an Geld, welche Private, Gemeinden und Korporationen zur Erstellung von Wasserleitungen schon aufgewendet haben und noch aufwenden werden[2])."

Gemäß dem Satze des Plinius, daß die Quellwasser der Gegend und den Gesteinen entsprechen, worin sie ihren Ursprung haben (Tales sunt aquae, qualis terra per quam fluunt. Hist. nat. XXXI, 29), welche in unserer Zeit der französische Meister A. Daubrée[3]) in die Worte gefaßt hat, daß Verteilung, Eigenschaft und wesentliche Merkmale der Quellen in inniger Abhängigkeit zum geologischen Aufbau und der Oberflächengestaltung des Landes stehen, sind Gelehrte verschiedener Nationen schon thätig gewesen, den Einfluß der Gebirgsarten besonders mit Hinblick auf die Summe der in ihren Quellwässern gelösten Stoffe zu ermitteln. Dahin

---

[1]) In: Das Königreich Württemberg, I, pag. 424.

[2]) In unseren klimatischen Zonen werden folgende Bedingungen an gutes Genußwasser gestellt:

1. Klarheit und Helligkeit.
2. Temperatur etwa die mittlere Jahrestemperatur des Ursprungsortes mit nur mäßigen Schwankungen.
3. Nicht mehr Rückstand pro Liter als 300—500 Milligramm.
4. Nicht mehr als 20 deutsche, resp. 35.5 französische Härtegrade.
5. Möglichste Reinheit von organischen, zur Fäulnis neigenden Stoffen. Im Liter nicht mehr als 30 Milligramm, ebenso nicht mehr als 40 Milligramm Salpetersäure im selben Maße.
6. An Gasen nur Gehalt von Sauerstoff, Stickstoff und Kohlensäure.

(Gümbel, Geologie, pag. 25.)

[3]) Description du Dep. du Bas-Rhin, Strasbourg, 1852, pag. 332.

gehören in erster Linie die Arbeiten der englischen Rivers pollution Commission aus dem Jahre 1874, welche die Untersuchung 13 verschiedener Ablagerungen in dieser Hinsicht zu Grunde liegt, wie aus der folgenden Tabelle zu ersehen ist[1]). Angaben über die Mengen der einzelnen gelösten Bestandteile, bis auf die organischen, als Kohlenstoff, Stickstoff und Ammoniak, sowie bis auf Chlor sind in der betreffenden Veröffentlichung nicht angegeben. Es wird aber betont, daß in den kalkreicheren Formationen, so im Kohlenkalk, im Äquivalent unseres Buntsandsteins in England, nämlich im New red sandstone, dann in den jurassischen Ablagerungen, im oberen Grünsand und in der weißen Kreide der Gehalt an Kalk größer ist, als in den übrigen.

Nummer.	Fester Rückstand von 10 000 Teilen Wasser.			Chlor.		
	Mittel.	Maximum.	Minimum.	Mittel.	Maximum.	Minimum.
1	0.594	0.944	0.140 [2])	0.169	0.310	0.055 [2])
2	1.233	2.710	0.304	0.184	0.370	0.090
3	2.506	7.272	0.682	0.385	1.000	0.130
4	3.206	9.850	1.570	0.463	3.200	0.070
5	1.773	4.080	0.332	0.173	0.345	0.095
6	2.430	3.960	0.684	0.192	0.335	0.095
7	4.418 [3])	—	—	0.117	—	—
8	2.869	7.426	1.290	0.219	0.700	0.130
9	3.641	5.812	2.122	0.248	0.480	0.155
10	3.033	5.216	2.234	0.155	0.330	0.097
11	3.005	6.840	0.445	0.298	0.710	0.
12	2.984	3.930	2.536	0.245	0.740	0.150
13	6.132	22.524	2.372	0.276	0.427	0.210

Die in der horizontalen Rubrik 1 in der Tabelle aufgeführten Zahlen entsprechen 8 Angaben von Quellen aus Granit und Gneis, diejenigen in der Rubrik 2 sind auf 15 Angaben von Quellen in silurischen Gebieten gegründet. In der Rubrik 3 sind die Resultate aus 32 Angaben von Quellen aus devonischen Gesteinen und aus

[1]) Nach J. Roth, Chemische Geologie, pag. 438—439.
[2]) Rabate Fountain zu Balmoral, Temperatur 6.5°. Aus Granit entspringend.
[3]) 10 000 Teile Wasser enthalten 1.052 Teile kohlensauren Kalk und
0.832 „ kohlensaure Magnesia; nahezu Normaldolomit. Tiefer Brunnen in Durham, Sunderland.

dem Old red sandstone zusammengestellt, in 4 diejenigen von 13 Quellen aus dem Bergkalk, in 5 diejenigen von 8 Angaben bez. Quellen aus den Yoredale series und dem Millstonegrit, der Hauptsache nach Sandsteine und Schieferthone. Die Rubrik 6 beruht auf 14 Angaben bez. Quellen aus der produktiven Steinkohlenformation, 7 auf 1 Angabe bez. einer Quelle aus dem Magnesian limestone, dem Äquivalente unseres Zechsteins, 8 auf 15 Angaben bez. Quellen aus dem New red sandstone, 9 auf 7 solcher bez. Quellen aus dem Lias, 10 auf 35 Quellenangaben aus Dogger und Malm, 11 auf 19 ebensolcher aus der unteren Kreide bis einschließlich zum Upper green sand, 12 auf 30 Angaben bez. Quellen aus der weißen Kreide, dem Chalk. Die letzte Rubrik 13 basiert auf 10 Angaben bez. Quellen aus jüngeren Ablagerungen, u. z. aus solchen fluviomariner Natur, aus Drift und aus Kies.

Grange[1]) hat in ähnlicher Weise die Quellen des Isèrethales in den französischen Alpen untersucht, wobei die Verschiedenheit der Lösungen je nach dem aus Talkgesteinen, aus anthracitischen Ablagerungen oder aus Kreidesedimenten stammenden Wasser deutlich zum Ausdruck kommt, Truchot und Finot[2]) arbeiteten in ähnlicher Weise über die Quellen der Auvergne, F. Pecher[3]) über diejenigen aus den geschichteten Gesteinen Unterfrankens und C. Regelmann[4]) über die Quellwasser Württembergs. In Belgien ist Verstraeten[5]) bemüht gewesen, die Nutzwasser seines Vaterlandes gleichen Beobachtungen, wie die soeben geschilderten, zu unterziehen. Wir könnten noch andere Autoren nennen, müssen uns aber hier auf die Nennung der wichtigsten Arbeiten beschränken und zum Schlusse dieser Betrachtungen nur noch den in diesem Buche schon oft citierten französischen Meister A. Daubrée[6]) anführen.

Daß die Verwitterung ein wasserundurchlässiges Gestein in ein mehr oder weniger durchlässiges umwandeln kann, dafür haben wir ja schon Beispiele in früheren Kapiteln kennen gelernt. Wir erinnern an die Quellen in verwitterten granitischen und damit verwandten Gesteinen (Kap. 4), an die Wasseransammlungen, welche durch Zerklüftung und Verwitterung in basaltischen Massen

---

1) Annales de chimie et de physique, 1848.

2) Cf. Delesse et de Lapparent, Revue de Géologie, 1877.

3) Beiträge zur Kenntnis des Wassers aus den geschichteten Gesteinen Unterfrankens ꝛc.

4) Die Quellwasser Württembergs ꝛc.

5) Les eaux aliméntaires de la Belgique, 1883.

6) Les eaux sousterraines.

der schwäbischen Alb entstanden sind (Kap. 3) u. s. f. Und das Maß der Verwitterung bei einem Gestein hängt ja, wie deren Art und Weise, nicht zum mindesten von dessen mineralischer Zusammensetzung ab.

Achtes Kapitel.

Durch die Triebkraft von Gasen emporgehobene Quellen.

Einleitendes. Durch Kohlensäure emporgetriebene Quellen. Beispiele dafür. Über die Intermittenz derartiger Quellen. Abhängigkeit dieser Erscheinung vom Barometerstand. Kohlenwasserstoffgase als Quellenheber. Beispiele: Die Soffionis der Toscana. Geysire und ihre Entstehung. Die thätigen Vulkane als Quellen.

Es ist eigentümlich, daß schon die Alten die Rolle einiger Gasarten als Motoren für manche aus den Tiefen der Erde aufsteigende Wasseradern geahnt haben, wie gewisse Stellen bei Seneca, Plinius, Vitruv und noch anderen mehr beweisen. Trotzdem daß der erstgenannte Schriftsteller wohl schon eine, wenn auch nur unbestimmte Vorstellung vom hydrostatischen Druck hatte, so scheint er doch der Ansicht gewesen zu sein, daß die in vertikaler Richtung aufsteigende Bewegung des Wassers wesentlich nur auf die Rechnung der treibenden Gase gesetzt werden müsse, indem er sagt, daß dasselbe nicht flösse, sondern emporgetrieben würde[1]). Für bestimmte Quellen ist das allerdings sicherlich der Fall, indem das sie speisende Wasser nicht infolge des Drucks der darauf lastenden Wassersäule wieder zu Tage tritt, sondern seinen Auftrieb lediglich nur dem Impulse einiger Gase, so der Kohlensäure, Kohlenwasserstoffen, dem Wasserdampf, seltener dem Stickstoff zu verdanken hat. Es muß übrigens dahingestellt bleiben, ob die aufsteigende Kraft gewisser stark kohlensäurehaltiger Quellen nicht nur nicht allein auf den hydrostatischen Druck, sondern auch teilweise auf die Triebkraft der eben genannten Gasart zurückzuführen ist. Gute Beispiele für Quellen, welche durch Kohlensäure aufgetrieben werden, finden wir auf deutschem Boden. Auf der rechten Rheinseite, bei Nauheim am Abhange des Taunusgebirges hatte man schon seit dem Jahre 1816 Bohrungen vorgenommen, welche starke, von Kohlensäure emporgetriebene Quellen salzhaltigen Wassers erschlossen, so daß förmliche Sprudel entstanden. Die berühmteste dieser erbohrten Wasseradern

---

[1]) III, 3.1. Aliquando in adversum spiritu impellitur: tunc cogitur, non fluit.

ist der aus 177.2 Meter Tiefe und 16.1 Meter über die Erde emporsteigende Friedrich Wilhelm-Riesensprudel, der 37.6° C. Temperatur aufweist. Die Nauheimer Sprudel liegen wahrscheinlich auf der Scheide von mitteldevonischen Kalken und gleichalterigen Schiefern mit überkippter Schichtenstellung [1]). Die Kohlensäureentwickelung in den ebenerwähnten Sedimenten ist eine sehr große; das Hauptbohrloch der Saline und des Bades Nauheim liefert jährlich 240 000 Kubikmeter, oder 50 000 Kilogramm dieser Substanz [2]). Der Nauheimer Solsprudel und die Friedrich Wilhelm-Riesenquelle sind kontinuierliche Sprudel, doch bleiben letztere von Zeit zu Zeit aus, wodurch das Bad zuweilen alarmiert wird. Auch periodisch anschwellende Sprudel sind dort bekannt, ebenso in Homburg, woselbst ebenfalls durch Kohlensäure emporgetriebene Quellen erbohrt worden sind [3]). In Kissingen sind in etwa 90 Meter Tiefe warme Solsäuerlinge erschrotet worden, die periodisch steigen und sinken, u. z. mit einem dumpfen, entfernten Kanonenschlägen ähnlichen Geräusch und einer mächtigen Ausströmung von Kohlensäure. Mehrmals innerhalb 24 Stunden fand zuerst diese Erscheinung statt, erst in sehr unregelmäßigen Zeiträumen, später jedoch regelmäßiger. Solange die eine dieser Quellen, der Kissinger Solsprudel, im Steigen begriffen ist, gewährt dieselbe durch fortwährendes Brausen, Wogen und Wallen, sowie durch das brandende Schäumen ihrer Wellen ein anziehendes Schauspiel [4]).

Die treibende Kraft der Kohlensäure bei den eben besprochenen Quellen steht außer allem Zweifel, denn wenn dieses Gas unter bestimmten Umständen zurückgehalten wird, so kann das Wasser in den Brunnenschächten nur bis zu einem bestimmten Punkte ansteigen. Wenn sich dem erbohrten Quellwasser beispielsweise viel Wildwasser zugesellt, so daß dadurch viel Kohlensäure absorbiert wird, so dauert die Intermittenz der Quelle so lange, bis auch dieses Wildwasser mit dem genannten Gase beladen ist. Eine zeitweilig geringere Zufuhr von Kohlensäure vermag übrigens dieselbe Erscheinung hervorzurufen. Wir können uns bei der Aufführung der Einzelheiten bez. der auf deutschem Boden durch die Triebkraft

---

[1]) Dechen, Erläuterung zur Geolog. Karte der Rheinprovinz u. d. Provinz Westfalen, 1884, II, pag. 836.

[2]) Dechen, loc. cit., pag. 860.

[3]) Lersch, Hydrophysik, pag. 204 ff.

[4]) Lersch, loc. cit.

der Kohlensäure zu Tage tretenden Quellen hier leider nicht aufhalten und müssen diejenigen unserer Leser, welche noch mehr über diese interessanten Phänomene wissen wollen, auf das schon öfters citierte Buch von Lersch, sowie auf die Auseinandersetzungen Daubrées verweisen [1]). Bemerken wollen wir noch kurz, daß der letztgenannte Gelehrte auch eingehende Details über die im Jahre 1881 angestellten Bohrungen von Montrond bei St. Galmier im Dep. der Loire giebt, welche in 473 Meter Tiefe eine gewaltige von Kohlensäure geschwängerte Wasserader angetroffen haben. Dieselbe bildete eine wundervolle Fontaine an der Erdoberfläche, deren Strahlen 35 Meter hoch in die Lüfte emporstiegen. Von besonderem Interesse ist der Umstand, daß die Sprunghöhe solcher Sprudel sowohl, als auch ihre stärkeren oder geringeren Aufwallungen vom Barometerdruck abhängig sind. Bei der ebenerwähnten Quelle von Montrond konnte ferner beobachtet werden, daß die in der Nähe des oberen Ausgangs des Bohrloches von der aufsteigenden Wassersäule sich lostrennende Kohlensäure diese erstere leichter macht, wodurch natürlich der auf den unteren Teilen des Wasserfadens lastende Druck verringert wird. Dies ist die Ursache, daß auch diese unteren Teile der Wassersäule ihren Gehalt an Kohlensäure abgeben.

Als Beispiel einer durch Kohlenwasserstoffgase emporgetriebenen Quelle führen wir den Kane-Geyser-Well in dem Wilsons-Run-Thale, im Petroleumgebiete des westlichen Pennsylvanien, 4 Meilen südlich von Kane belegen, an. Aus einem an 100 Meter tiefen Bohrloch treten in gewissen Zwischenräumen Wasser und Kohlenwasserstoffgase aus. Die Höhe der bei den Eruptionen ausgeschleuderten Wassermassen beträgt 30—50 Meter, und die Intervalle zwischen den einzelnen Ausbrüchen sind etwa 13 Minuten lang (im Sommer 1879). Nachts werden die austretenden Kohlenwasserstoffe bisweilen in Brand gesetzt, und es soll dann ein herrliches Schauspiel gewähren, wenn, wie Andreä sagt, die feindlichen Elemente Wasser und Feuer im Kampfe miteinander ringend emporsteigen. Der amerikanische Gelehrte Ashburner hat das Vorkommen des Kane-Geysers mit der Annahme zu erklären versucht, daß in dem Bohrloch Wasser über dem Gase zusammenfließe, bis unten der Gasdruck stärker würde, als die auflastende Wassersäule, und dann eine Eruption erfolgen müsse. Gegenüber dieser auf

[1]) Eaux sousterraines, I, pag. 368 ff.

einem angenommenen, periodisch an Intensität wechselnden Druck beruhenden Erklärungsversuche hat Andreä, wie uns scheinen will, mit bestem Erfolg den experimentellen Nachweis dafür geführt, daß ein solcher Druck durchaus nicht nötig ist, um die besagte Erscheinung hervorzurufen, und daß dieselbe auch ebensogut durch die Annahme einer gleichmäßigen Entwickelung von Gas im Bohrloch gedeutet werden kann [1]).

In Wels in Oberösterreich wurden vor einigen Jahren Tiefbohrungen vorgenommen, um artesisches Wasser zu gewinnen. Obgleich die Bedingungen hierfür durchaus nicht vorhanden waren, so traf man doch in 250 Meter Tiefe aufsteigendes Wasser, das stoßweise ausgeworfen wird, indem gleichzeitig beträchtliche Mengen kohlenwasserstoffreicher Gase entweichen, die man zu Beleuchtungs- und Heizungszwecken auffammelt. Das Wasser der beiden Gasbrunnen enthält neben den gewöhnlichen Bestandteilen Ammoniak und merkliche Mengen von Chloriden. Da dasselbe nur 8° C. im Januar aufwies, so nahm G. A. Koch an, daß das Wasser einfaches aus den Oberflächenschichten stammendes Grundwasser wäre, das von den unter Druck im Bohrloch aufsteigenden Gasen angetroffen und ausgeworfen würde. Wahrscheinlich jedoch ist es, daß das Wasser der Hauptsache nach aus tieferen Schichten, d. h. aus dem salzreichen Schlier stammt und nur geringe Beimengungen von Grundwasser erhält. Das ausströmende Gas ist wohl fast reines Sumpfgas [2]).

Die als Schlammsprudel, Schlammvulkane, Salsen, Macaluben u. s. f. bekannten Phänomene können bei aller Verwandtschaft mit den Gasquellen im vorliegenden Buche leider nicht berücksichtigt werden. Dagegen mag der Soffionis, heißer Dampfquellen, welche in der Toscana, bei Volterra in der Provinz Pisa teils aus natürlichen, teils aus künstlich geschaffenen Öffnungen der Erde entströmen, u. z. auf zahlreichen nord-nordwestlich süd-südöstlich verlaufenden Verwerfungsklüften, hier kurz gedacht sein. Die heißen Dämpfe der Soffioni führen die wertvolle Borsäure mit sich herauf, weshalb sie Anlaß zu einer großen, die Gewinnung der genannten Substanz bezweckenden industriellen Unternehmung

---

[1]) Über die künstl. Nachahmung des Geysirphänomens ꝛc. (Neues Jahrbuch f. Mineralogie. 1893, II, pag. 1 ff.).

[2]) G. A. Koch, Die im Schlier der Stadt Wels erbohrten Gasquellen ꝛc. (Verh. k. k. geol. R.-Anstalt, 1892, Nr. 27, pag. 183—192, und A. Fellner, Der Welser Gasbrunnen, ibid., Nr. 10, pag. 267—269).

geworden sind. Nach den bisherigen Untersuchungen über die Entstehung der Soffionis scheinen in etwa 50—60 Meter Tiefe Höhlungen in der Erdfeste vorhanden zu sein, worin sich die 105—120° heißen Dämpfe ansammeln. Übrigens sind auch Dampfquellen von niedrigerer Temperatur bei Volterra entwickelt, die Bindeglieder zwischen den eigentlichen Soffionis und den Salsen zu sein scheinen. Neben Borsäure enthalten die Dampfquellen Toscanas noch Schwefel und Kalksulfat, wie aus den aus ihren Niederschlägen gebildeten Ablagerungen hervorgeht. Das berühmte Alabastervorkommen von Volterra verdankt seine Entstehung derartigen Soffionis. In Nevada und in Kalifornien sind ähnliche soffioniartige Erscheinungen bekannt geworden. Daß ihre Entstehung in ursächlichem Zusammenhang mit der vulkanischen Thätigkeit steht, darüber kann kein Zweifel obwalten.

Vulkanischer Natur sind auch die heißen Springquellen, welche man nach dem zuerst bekannt gewordenen Vorkommen dieser Phänomene auf Island Geysire genannt hat, und bei welchen Wasserdämpfe die treibenden Kräfte sind. Der isländische Typus dieser Geysire, der Große Geysir, liegt etwa 46 Kilometer nordwestlich vom Hekla und hat sich einen Kegel aus Kieselsinter von 8—10 Meter Höhe und 70 Meter Längendurchmesser aufgebaut. Es ist nämlich die Abscheidung von Kieselsinter eine den allermeisten Geysiren zukommende Eigenschaft [1]). In früheren Jahren, gewöhnlich alle 24—30 Stunden, erfolgte eine mächtige Eruption dieser Springquelle; bis zu 50 Meter stiegen die Wasserstrahlen in die Höhe. Heutzutage soll dies nicht mehr der Fall sein, und oft sollen mehrere Tage, ja eine ganze Woche verfließen, ehe ein neuer Ausbruch zu stande kommt. Auch steigen die Wassergarben kaum mehr höher, als 18 Meter. Das das Geysirbecken anfüllende Wasser ist meist ruhig und zeigt 76—89° C. an seiner Oberfläche. Im Quellenkanal, bei 22.5 Meter Tiefe jedoch besitzt dasselbe, wie aus den Beobachtungen Bunsens und Descloizeaux hervorgeht, etwa 127° C. vor und etwa 122° C. nach einem [2]) Ausbruch. Die Temperatur des Wassers nimmt also zu von der Oberfläche gegen den Boden des Quellkanals und wird in der Annäherung an einen

[1]) Siehe darüber in Beilage Nr. 2.

[2]) Von den vielen Schilderungen von Ausbrüchen des großen Geysirs dürfte es wohl kaum eine farbenprächtigere und anschaulichere geben, als diejenige, welchr Max Nordau in seinem bekannten Reisewerke: „Vom Kreml zur Alhambra" niedergelegt hat. In meinem populären Buch: „Aus der Sturm- und Drangperiode der Erde", Bd. I, pag. 257 habe ich dieselbe abgedruckt.

Ausbruch steigen. In Figur 31 sieht man einen schematischen Durchschnitt durch die Geysirröhre und aus der Tabelle auf S. 100 ist die Tiefe und die Temperatur, welche an den Punkten A bis F herrscht, zu entnehmen, ebenso wie diejenige Hitze, die an den betreffenden Punkten herrschen müßte, wenn das Wasser daselbst kochen sollte. Man erkennt sofort, daß an keiner dieser Stellen die Wassersäule vor einem großen Ausbruch die erforderliche Wärme besitzt, um bei dem auf ihr lastenden Druck in den Kochzustand zu geraten. Am unteren Ende der Wassersäule ist die Differenz zwischen der beobachteten Temperatur und derjenigen, die für den Kochpunkt nötig wäre, gleich 10° C., an der Oberfläche ist dieselbe noch größer, beim Punkte D aber, in etwa 13 Meter Tiefe ist eine Stelle, woselbst diese Differenz nur noch 2° C. beträgt. Wenn nun die heißen, aus dem Untergrunde heraufströmenden Dämpfe solche Gewalt erhalten haben, um das Wasser 2 Meter höher zu heben, wie das an der Öffnung der Geysirröhre beobachtet werden kann, so gelangt die Schicht warmen Wassers bei D mit 121.8° C. Wärme im Augenblick an die Stelle C, deren Siedepunkt nur noch 120.8° C. beträgt. Daher muß sich dieses Wasser hier sofort in Dampf verwandeln und teilt diese Eigenschaft infolge der entstehenden Druckverminderung den übrigen Teilen der Wassersäule mit. Auf solche Weise ist die Intermittenz des Geysirs leicht erklärlich, denn es ist nach jedem neuen Ausbruch notwendig, daß das wieder frisch zugeströmte und das die ausgeworfene Menge ersetzende Wasser wieder bis zu den erforderlichen Temperaturen erwärmt wird, und daß die Spannung der bei F einströmenden Dämpfe wieder groß genug geworden ist, um in der Wassersäule Aufwallungen von 2 Meter Höhe zu veranlassen.

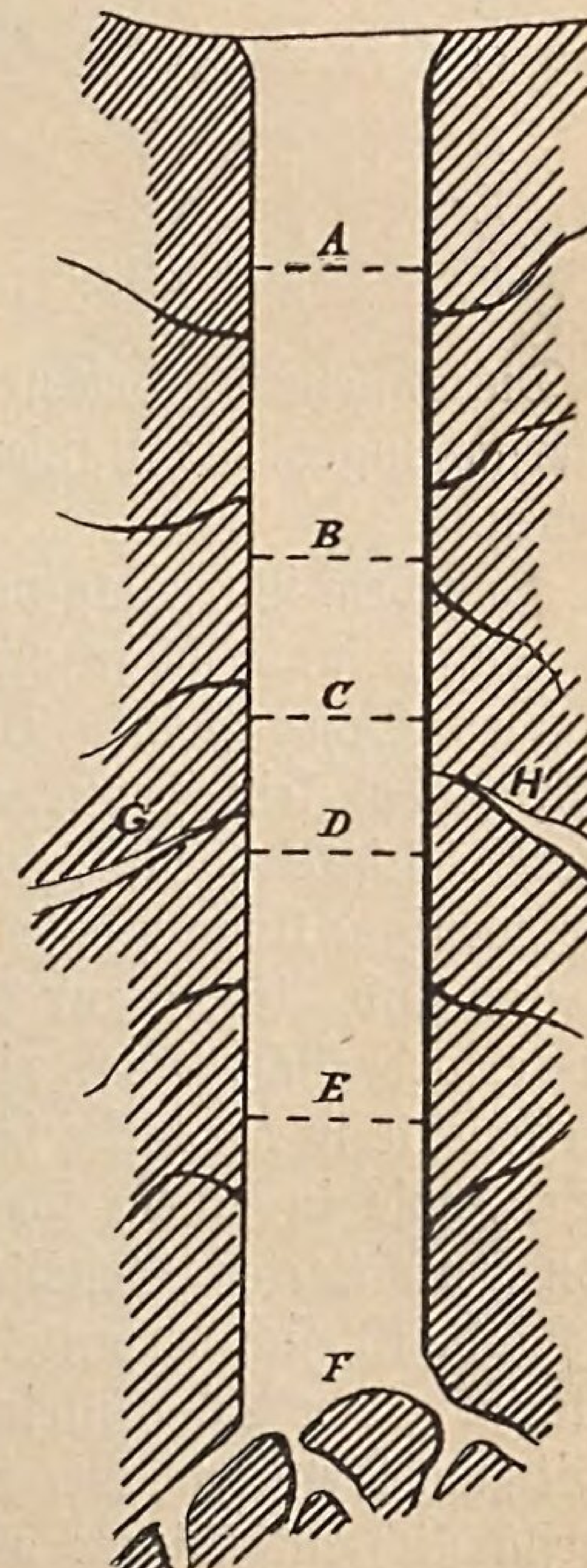


Fig. 31.
Durchschnitt durch eine Geysirröhre.
Nach Lapparent.

Beobachtungspunkte.	Tiefe.	Beobachtete Temperatur.	Temperatur, die notwendig wäre, um das Wasser zum Sieden zu bringen.
A	3.30 m	85.5°	107°
B	8.10 „	110°	116°
C	11.– „	—	120.8°
D	13.– „	121.8°	123.8°
E	18.– „	124°	130°
F	22.50 „	126°	136° [1])

Die umstehend gegebene Erklärung des Geysirphänomens ist durch Untersuchungen, die Bunsen an Ort und Stelle vornahm, bestätigt worden.

Nach dem Vorschlag von Andreä [2]) unterscheiden wir Geysire mit Bassin und solche mit einer einfachen Öffnung oder einem einfachen Schornstein. Der genannte Autor betont ferner ausdrücklich, daß kein Geysir, geologisch gesprochen, eine lange Dauer seiner Thätigkeit besitzt, sondern daß die Erscheinungen nur mehr oder weniger kurze Phasen im Entwickelungsgang gewisser heißer Quellen sind. Es ist zur Ausbildung eines Geysirs durchaus nicht erst erforderlich, daß eine schornsteinartige Quellenröhre am Quellenorte in die Erde hinabreicht. Andreä [3]) hat darauf hingewiesen, wie in einem spaltenreichen, an der Oberfläche teilweise schon verwitterten Gesteine eine reichlich dampfführende Therme im stande ist, sich vermittelst ihres großen Absatzes von Kieselsintermaterial einen Schornstein resp. auch ein Bassin aufzubauen und somit zum Geysir werden kann. „Entsprechend dem Volumen der oberflächlich als Sinter abgesetzten und auch der in Lösung fortgeführten Substanzen hat aber unten eine Zersetzung und Fortführung von Gestein stattgefunden, die zur Bildung von Hohlräumen und den für die meisten Geysire erforderlichen Reservoiren resp. Dampfkesseln führen wird. Die große Fähigkeit von überhitztem, unter Druck stehendem Wasser, Gesteine zu zersetzen und zu lösen, ist ja bekannt. Die Bildung der Höhlen resp. erweiterten

[1]) Nach Lapparent, Traité de Géologie, pag. 458 ff.

[2]) Über die künstl. Nachahmung d. Geysirphänomens, pag. 11—12.

[3]) loc. cit.

Klüfte wird aber gerade da stattfinden, wo die überhitzten Dämpfe und die cirkulierenden Quellwasser sich vereinigen." Anbei in Figur 32 ein idealer Durchschnitt durch einen solchen Geysir aus dem Yellowstonegebiet Nordamerikas, nach Andreä. Man sieht den zerklüfteten Liparitfels zu unterst, dann die durch Auslaugung in der Tiefe erweiterte Spalte, auf welcher die dampfführende

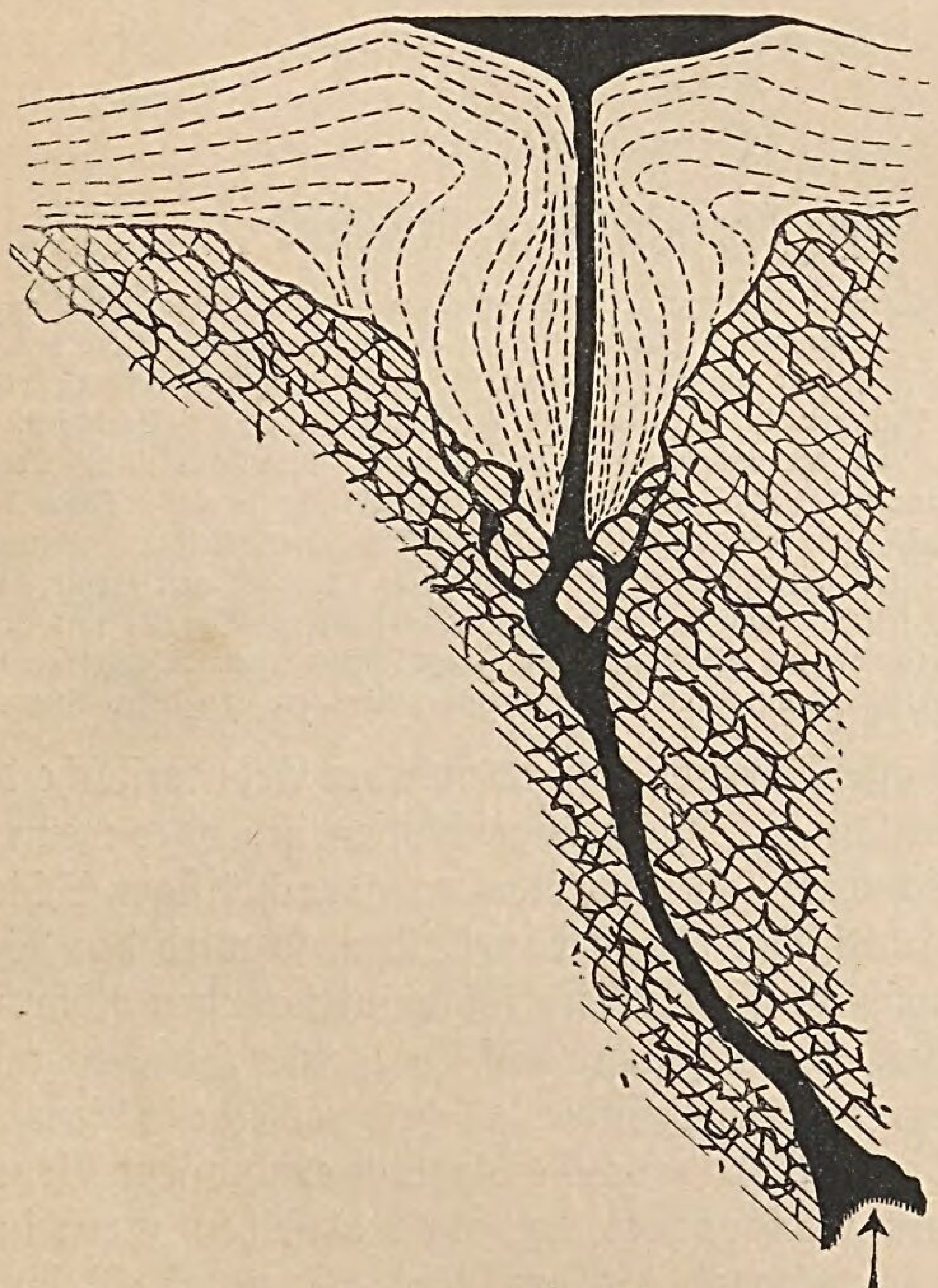


Fig. 32.
Durchschnitt durch eine Geysirquelle des Yellowstonegebiets. Nach Andreä.

Therme emporsteigt und über welcher sie sich ein Geysirrohr und ein Becken aus Kieselsinter aufgebaut hat[1]).

Zu den vermittelst Wasserdampfs und anderer Gase emporgetriebenen Quellen könnten wir füglich nach dem Vorgange von

---

[1]) Bez. der künstl. Nachahmung der Geysire siehe bei Andreä, loc. cit., und bei J. Petersen, Neues Jahrbuch f. Mineralogie, 1889, II, pag. 65 ff.

Daubrée auch noch die thätigen Vulkane rechnen. Daß bei dem Ausbruch eines Feuerberges Wasserdämpfen eine gewaltige Rolle zukommt, daß zuweilen bei solchen Phänomenen wolkenbruchartige Wasserfluten aus dem Schlot der Vulkane ausgeworfen werden, das ist eine bekannte Thatsache. Beim Ausbruch des Vesuvs im Dezember des Jahres 1631 war dies beispielsweise der Fall.

Neuntes Kapitel.

Von den artesischen Brunnen.

Artesische Brunnen überhaupt. Solche in Gegenden mit muldenförmiger Schichtenlagerung. Der artesische Brunnen von Grenelle. Beobachtungen Haton de la Goupillière's über die artesischen Brunnen. Die Ansicht Jentzschs vom artesischen Druck und Stapffs Beurteilung derselben. Artesische Brunnen in Arealen mit tafelartig gelagerten Schichten. Das artesische Wasser muß von der Erdoberfläche herkommen. Beweise hiefür. Seen als Speiser artesischer Brunnen. Beispiel hiefür: der artesische Brunnen von Schneidemühl im Zusammenhang mit Seen des baltischen Höhenrückens, nach Keilhack. Umstände, wovon die Ergiebigkeit der artesischen Brunnen abhängig ist. Beispiele hiefür. Etwas über diese Ergiebigkeit selbst. Von der Qualität des artesischen Wassers und über die Zeit, welche dasselbe braucht, um die Strecke von seiner Infiltrationsstelle bis zu seinem Ausfluß aus dem Bohrloch zu durchlaufen. Historisches über die artesischen Brunnen 2c.

Wenn eine wasserführende Schicht von der Erdoberfläche durch eine wasserundurchlässige Schicht abgeschlossen ist, oder wenn eine wasserführende Schicht zwischen zwei wasserundurchlässigen Schichten lagert, und man durchstößt die obere derselben, so wird das Wasser im wesentlichen nach dem Gesetz der kommunizierenden Röhren im Bohrloch emporsteigen, und zwar auf die gleiche Höhe etwa, auf welcher sich derjenige Punkt befindet, an dem dasselbe in die wasserführende Schicht einströmt. Solche künstlich erschlossene Brunnen und Quellen nennt man artesische, weil dieselben zuerst in der französischen Grafschaft Artois in Anwendung gelangten. Besonders günstige Verhältnisse zur Anlage dieser artesischen Brunnen, die schon viel Segen auf ehemals sterile und wasserarme Länder gebracht und Wüstengegenden zu bewohnbaren Stätten, ja teilweise sogar zu blühenden Oasen umgewandelt haben, bieten diejenigen Areale, deren Untergrund aus muldenförmig abgelagerten wasserführenden und wasserundurchlässigen Sedimenten besteht. Als Beispiel hiefür wählen wir das Pariser Becken, das bekanntlich eine Mulde von beinahe ringförmiger Gestalt bildet, in deren Mitte etwa Frankreichs Hauptstadt liegt. Die mesozoischen Schichtenreihen,

welche am Aufbau der Mulde teilnehmen, meist solche des cretaceischen Systems, und die tertiären Ablagerungen lassen sich ihrer Lagerungsweise nach mit einer Anzahl von in einander liegenden Becken oder Schüsseln vergleichen, u. z. derart, daß von der innersten Schüssel ausgehend stets der Rand der nächstfolgenden über denjenigen der vorhergehenden übergreift. An der Erdoberfläche werden sich also die besagten mulden- und ringförmig gelagerten Sedimente als schmälere und breitere conzentrische Bänder andeuten, welche man in einer um so größeren Höhe über dem Meeresniveau liegend antreffen wird, je mehr man sich nach Süden, Osten oder Nordosten zu von Paris entfernt. Der Radius dieser Mulde beträgt in der Richtung auf Troyes in der Champagne ca. 160 Kilometer.

Zu den tieferen Schichten derselben gehört nun die „sables verts“, Grünsande, genannte Ablagerung, u. z. zu der als „Gault“ bezeichneten Abteilung der Kreide. Die obersten Sedimente des Gault bilden feste und ganz wasserundurchlässige Schichten, welche die Grünsande vom darauf ruhenden Komplex der oberen Kreide vollständig wasserdicht abschließen. Von den Ardennen ab bis zur Loire hin läßt sich das mehr oder weniger breite Gürtelband, das die Grünsande um die jüngeren Schichten herumziehen, verfolgen, und ihr Ausgehendes liegt durchweg in einer Meereshöhe, welche die Thalsohle von Paris um mindestens 100 Meter übersteigt. Nach dem Mittelpunkt der Mulde zu dürfte ihr Einfallen durchschnittlich 0.003 Meter betragen. Alle auf dem von den Grünsanden an der Erdoberfläche eingenommenen Gebiete niedergehenden und in den Boden eindringenden Atmosphärilien haben daher die Tendenz, gegen den Mittelpunkt der Mulde hin abzufließen und bilden somit unter den wasserabschließenden Thonschichten des Gault ein großartiges Wasserreservoir, dessen Inhalt unter gewaltigem Druck steht. Das Bohrloch im Hofe des artesischen Brunnens von Grenelle in Paris hat die wasserführenden Schichten der Grünsande bei 547 Meter Tiefe erreicht, und das Wasser sprang um eine beträchtliche Höhe über die Erdoberfläche aus dem Bohrloch empor (Fig. 33 S. 104). Der in dieselben Schichten niedergestoßene artesische Brunnen von Passy soll nach darüber angestellten Berechnungen bis zur Höhe von 128 Meter über dem Meere aufsteigen können, die nur um ein Geringes unter der Meereshöhe der Infiltrationspunkte der atmosphärischen Niederschläge in die Grünsandschichten zurückbleibt[1]).

[1]) Daubrée, Eaux sousterraines, I u. II, a. v. O., und Lapparent, Traité de Géologie, 3. éd., a. v. O.

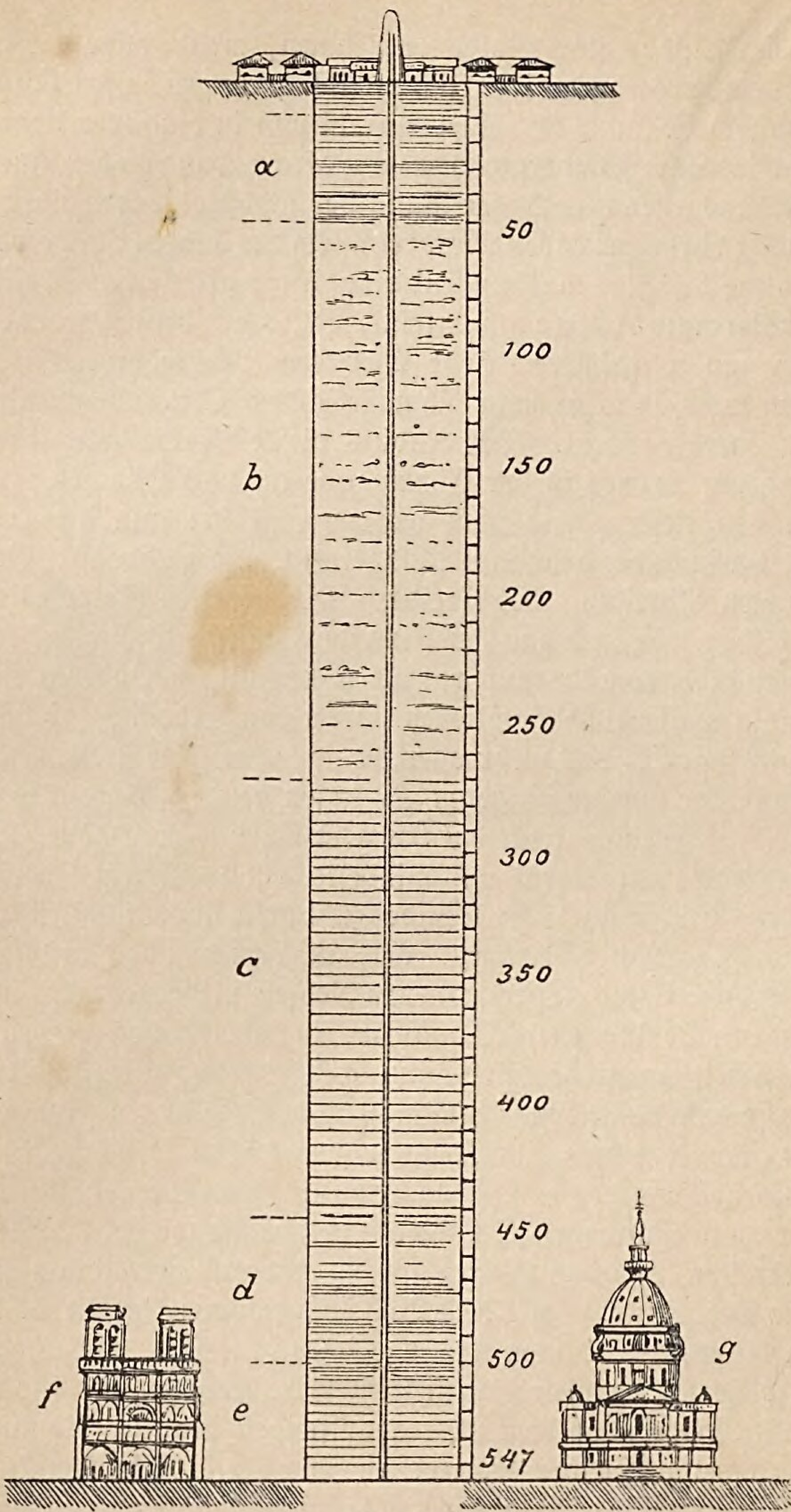


Fig. 33.

Idealer Durchschnitt durch die Röhre des artesischen Brunnens zu Grenelle. Nach Daubrée. a: Plastische Thone; b: Weiße Kreide; c: Graue Kreide; d: Glaukonitische Kreideschichten; e: Gault; f: Notre Dame von Paris; g: Invalidendom.

Derjenige Punkt, an welchem artesisches Wasser das Maximum seiner Steighöhe erreicht hat, wird nach Belgrand der hydrostatische genannt.

Die untenstehende, dem Lehrbuch der Geologie von A. de Lapparent entnommene Figur mag zur Erläuterung des Vorgesagten dienen. A—B soll die wasserabschließende und undurchlässige Schicht einer Mulde sein, E die wasserführende und von den in C und D niederfallenden Atmosphärilien gespeiste, F E das das Wasser erschließende Bohrloch, aus welchem das feuchte Element herausquellen wird, weil ja der Punkt F viel tiefer liegt, als der Punkt D. Könnte der Druck unbehindert und in vollem Maße wirken, so müßte derselbe gleich einer Wassersäule von der Höhe des senkrechten Abstandes von D zu E sein. Aber das kann bei den sandigen Schichten, worin der Wasservorrat aufgespeichert ist, nicht der Fall sein. Verlängert man nun durch Einsetzen von

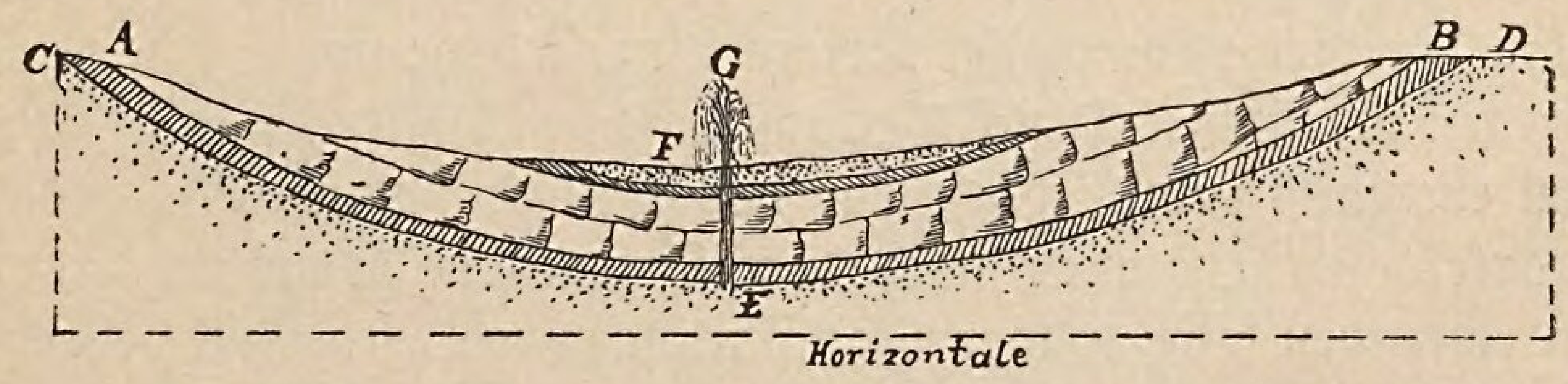


Fig. 34.
Durchschnitt durch ein muldenförmig gelagertes Becken mit artesischem Brunnen. Nach Lapparent.

Röhren das artesische Bohrloch, so ist man im stande, den Ausflußpunkt des Wassers so lange zu erhöhen, bis die damit erreichte Höhe dessen hydrostatischem Punkte, hier also G, entspricht. Um das Wasser noch höher hinaufzutreiben, dazu genügt der Druck nicht mehr, welcher durch die Reibung der Wasserteilchen, durch das Beladensein des artesischen Wassers mit Sandkörnern u. s. f. eine wesentliche Beeinträchtigung seiner Wirkung erfahren hat. Würde man das Wasser bei G frei aus dem Bohrloch auslaufen lassen, ohne es noch in Röhren weiter in die Höhe zu führen, so würde sein Strahl auch nicht einmal den Punkt G erreichen können, erstens weil derselbe den Widerstand der Luft zu überwinden hätte, sodann aber weil die Bewegung des im Bohrloch aufsteigenden Wassers und der Weg, den dasselbe machen muß, um aus der wasserführenden Schicht nach dem Punkte E zu gelangen, den hydrostatischen Punkt in beträchtlicher Weise niederdrücken.

In neuerer Zeit hat ein französischer Bergmann, Haton de la Goupillière, sehr interessante Beobachtungen über die artesischen Brunnen angestellt, wodurch unsere bisherigen Anschauungen, daß diese letzteren durch das Gesetz der kommunizierenden Röhren vollständig erklärt würden, allerdings einige Modifikationen erleiden. Nimmt man ein unterirdisches Wasserreservoir an, welches durch vertikale Röhren, aus denen es aber nicht abfließen kann, angezapft wird, so zeigt die Höhe des Punktes, bis zu welchem das Wasser in diesen Röhren ansteigt, den Druck an, der an dieser Stelle auf ihm lastet. Diesen Punkt hat der Genannte als piezometrisches Niveau bezeichnet, und zwar als positives, insofern sich dasselbe über den Boden erhebt, und als negatives, wenn es unter der Erdoberfläche bleibt. Ein artesischer Brunnen kommt dann zu stande, wenn eine unterirdische Wasserschicht mit positivem piezometrischem Niveau angebohrt wird [1]).

Auch Jentzsch [2]) in Königsberg hat im vergangenen Jahre bei Anlaß der Besprechung der Brunnenkatastrophe von Schneidemühl über den artesischen Druck Betrachtungen publiziert, und er kommt dabei ebenfalls zum Schluß, daß das Prinzip, wonach das Wasser der artesischen Brunnen nach dem Gesetze der kommunizierenden Röhren steigen solle, einiger Modifikationen bedürfe. Nach dem ebengenannten Gelehrten gilt dieses Prinzip allein nur für den Zustand der Ruhe, während bei bewegtem Wasser selbst schon bei mäßigen Röhren ein Druckverlust stattfinden muß, der sich bei längeren Leitungen noch erheblich steigert, falls derselbe nicht durch große Röhrenweite und eine entsprechend langsamere Bewegung des Wassers vermindert wird. Wird das Wasser als in festen, wenn auch weitverbreiteten und mächtigen Sandschichten mit festliegenden Sandkörnern sich bewegend gedacht, so muß dieser Druckverlust der ursprünglichen Druckhöhe nahezu gleichkommen, sich derselben asymptotisch nähern. Dagegen hält Jentzsch den artesischen Druck sofort für gegeben, wenn man die Sandkörner als beweglich auffaßt. „Die überlagernden Erdschichten drücken alsdann mit ihrer Gesamtlast (vermittelt durch die das Wasser nach oben abschließende „undurchlassende“ Schicht) auf den beweglichen Sand und drücken

---

[1]) Cours d'exploitation des mines, I, pag. 145, nach Daubrée, Eaux sousterraines, I, pag. 156 ff.

[2]) Über den artesischen Brunnen in Schneidemühl; in: Zeitschr. f. prakt. Geologie, 1893, pag. 347 ff.

daraus an der durch das Bohrloch vom Drucke befreiten Stelle das Wasser „wie aus einem Schwamm“.

Gegen diese Erklärung wurde von Stapff[1]), wie uns scheint, mit Erfolg eingewendet, daß wenn in einem verdeckten Wasserträger aus Sand, Kies, Geröllen (feste aber poröse, spalten- und höhlenreiche Gesteine sind hier zunächst nicht einbezogen) im Verlauf der Zeit ein Stabilitätszustand hergestellt ist, die einzelnen Körner so dicht aneinander liegen, als dies überhaupt möglich ist, und daß, trotz alles äußeren Druckes auf die wasserführende Schicht, die Zwischenräume zwischen den einzelnen Geröllen, durch welche das Wasser „filtriert“, gleichgroß bleiben müssen. Wenn die Körner alle gleichgroße Kügelchen wären, so betrügen die Zwischenräume in der wasserhaltigen Schicht 0.27 ihres Volumens, unabhängig von der absoluten Größe der Kugeln, während verschieden große und durcheinandergemischte Kugeln einen kleineren freien Zwischenraum ließen, anderseits aber bei unregelmäßig geformten Trümmern auch ein größeres Spatium möglich sein würde. „Das auf einem solchen Wasserträger lastende Gebirge übt aber auf das in den Zwischenräumen befindliche Wasser ebensowenig einen Druck aus, als z. B. das Gewicht eines Hügels auf das Wasser in einer unter dem Hügel weggeführten Wasserleitungsröhre, und von einem Ausquetschen des Wassers aus dem Sande, „wie aus einem Schwamm“, kann vernünftiger Weise keine Rede sein. Nur wenn der Gebirgsdruck so groß werden könnte, daß unter ihm die Sandkörner zermalmt, und ihr Pulver in die Zwischenräume gepreßt würde, müßte das Wasser aus diesen, also auch aus dem Wasserträger heraustreten; es könnte dann aber auch nicht in letzteren hineintreten, Wasserdurchlässigkeit, Ansammlung von Grundwasser, Entnahme von solchem wäre ausgeschlossen — das Raisonnement darüber aber gegenstandslos.“

Nach der Annahme von Jentzsch ist auch selbstverständlich ein Aufragen der wasserführenden Schicht in ein höheres Niveau erforderlich, es kann aber diese Höhendifferenz nur eine minimale sein und sehr entfernt liegen, da die Druckwirkung eine mittelbare ist und wesentlich auf Bodendruck hinausläuft, der am Bohrorte als unmittelbare Ursache den Auftrieb bewirkt. Auch die Kapillarität soll diesen Druckeffekt beeinflussen, die im stande ist, je nach Gesteins-

[1]) Ein paar Worte über Bodentemperatur und artesische Strömung; in: Zeitschr. für prakt. Geologie, 1893, pag. 381 ff.

folge und Lagerungsart der wasserführenden Schicht bald Wasser zuzuführen, oder ihr dasselbe zu entziehen. Auch dieser Punkt der Jentzschschen Hypothese ist nicht stichhaltig nach den weiteren Ausführungen von Stapff, der sehr richtig bemerkt, daß, wenn die Filtersubstanz einer wassertragenden Schicht sich mitsamt dem durchsickernden Wasser in kontinuierlich strömender Bewegung befände, der Sand ꝛc. auch ständig aus den natürlichen oder künstlichen Öffnungen des Wasserträgers zu treten gezwungen wäre, d. h., daß dann alle seine Quellen und Brunnen ꝛc. Sand wegführen müßten, so daß die wasserführende Schicht allmählich schwinden, ihre Decke sich setzen und schließlich ganz aufhören müßte zu bestehen. Die Natur zeigt aber das eben nicht, wenn auch manche Quellen durch mitgeführte Thonpartikelchen ständig getrübt erscheinen (die sogenannten Milchbrunnen). Diese Trübung rührt jedoch von dem Cement her, der langsam zwischen den einzelnen Sandkörnern abgespült wird, aber ohne daß dadurch die Sand- oder lockere Sandsteinschicht wesentliche Verluste an Mächtigkeit zu erleiden brauchte, wogegen das Gesamtvolumen der wassergefüllten Zwischenräume, also die Kapillarität der wasserführenden Schicht sogar zunehmen kann. „Sollte aber durch Ausspülen allen Bindemittels der Sand sich allmählich so zusammengesetzt haben, daß die Zwischenräume kleinmöglichst geworden wären, so würde auch dann der Wasserträger in einer dem Gebirgsdruck und der artesischen Strömung Widerstand leistenden Stabilität sich befinden.“

Auch in denjenigen Arealen, woselbst tafelartig gelagerte Schichten nach derselben Richtung hin einfallen, und zwar gleichsinnig und unter geringen Winkeln, u. z. abwechselnd wasserdurchlässige und wasserundurchlässige, sind artesische Brunnenbohrungen wohl von Erfolg gekrönt, insofern man solche zwischen dem Aufsaugegebiet und dem Abflußgebiet des Wassers vornimmt. Aber das Wasserquantum eines artesischen Brunnens wird natürlich größer und sein Emportrieb stärker sein, wenn das in der Tiefe eingeschlossene feuchte Element nicht zu entweichen vermag. Nach F. von Richthofen [1]) kann dies dann eintreten, wenn tafelartig gelagerte Sedimente im Fortstreichen durch Aufbiegung oder durch Verwurf eine Unterbrechung erleiden, wie dies Fig. 35 zeigt. Beispiele für solche Vorkommnisse sind die artesischen Brunnen der Oasen Dakhel, Farafreh und Khargeh. Die wasserführenden

---

[1]) Führer für Forschungsreisende, 1886, pag. 121—122.

Schichten gehen nach Zittel weit im Süden aus unter regenreichem Klima, und eine weiter nördlich belegene Aufbiegung derselben hält das Wasser unter dem Wüstengebiet zurück.

Daß das artesische Wasser nicht anders woher als von der Erdoberfläche stammen kann, das wird durch eine Reihe von Umständen bewiesen, deren einige wir hier anführen wollen. So hat im Jahre 1830 der artesische Brunnen von Tours aus 115 Meter Tiefe feinen Sand und allerhand pflanzliche und tierische Überreste ausgeworfen, als frische Stengel und Wurzeln,

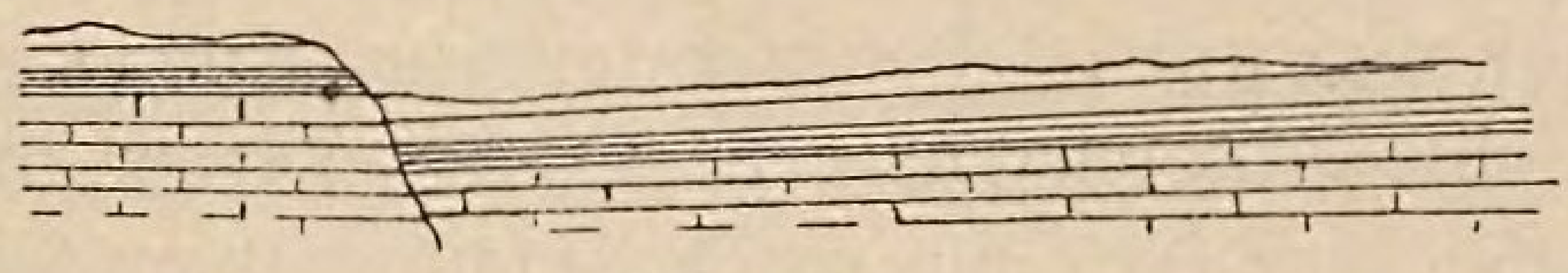


Fig. 35.
Unterbrochene tafelartige Sedimente. Nach Richthofen.

auch Samen von Sumpfgewächsen (Galium uliginosum), Süßwassermuscheln (Planorbis, Helix, u. s. f.), die noch so frisch erhalten waren, daß sie kaum länger als 3 bis 4 Monate im Wasser verweilt haben dürften. Lersch [1]) betont noch, daß alle diese Überreste denjenigen glichen, welche man nach Überschwemmungen an den Ufern kleiner Wasserläufe fände. Sie mußten durch offene Kanäle in die Erde gelangt sein, ohne daß sie aber notwendiger Weise bis zur tiefsten Stelle des Bohrloches gekommen wären. Gewisse Brunnen am Oued Rir' warfen, wie augenzeuglich festgestellt ist, lebende Fische und Krebse nebst allerhand Geröll aus [2]).

Seen sind schon früher bisweilen als Speiser artesischer Brunnen vermutet worden [3]). Nach Keilhack [4]) dürften auch die Wassermassen, welche die Brunnenkatastrophe von Schneidemühl herbeigeführt haben, einem Grundwasserstrome entstammen, der sich vom baltischen Höhenrücken nach Süden hin bewegt. Auf diesem letzteren liegt aber ein ausgedehntes Gebiet, das weder nach Norden zur Ostsee, noch nach Süden zur Weichsel, Netze und Warthe entwässert, sondern seine Abwasser in zahlreichen geschlossenen Depressionen auffängt, mit anderen Worten ein abflußloses Gebiet [5]).

---

[1]) Hydrophysik, pag. 90.

[2]) Daubrée, Eaux sousterraines, I, pag. 159.

[3]) Lersch, loc. cit., pag. 89.

[4]) Das Brunnenunglück in Schneidemühl,. in: Prometheus, Nr. 218, Jahrg. V, 10, 1893, pag. 148 ff.

[5]) Keilhack, Über die Lage der Wasserscheide auf der Baltischen Seenplatte; in Petermanns Mittheilungen, 1891, Heft 3.

„Gleichzeitig ist aber der Überschuß der Wasserzufuhr in diesen Sammelbecken über das durch Verdunstung fortgeführte Quantum so groß, daß notwendig ein unterirdischer Grundwasserstrom von diesem abflußlosen Gebiete seinen Ausgang nehmen muß. Dieser Strom aber kann entsprechend dem ganzen Bau des Höhenrückens nur nach Süden fließen. Auf diesem Wege gelangt er tiefer und tiefer unter undurchlässige Schichten, die ihn verhindern, etwa am Rande des Netzethales zu Tage zu treten. Da nun die Seen des Höhenrückens, aus denen der Grundwasserstrom gespeist wird, 130—170 Meter über dem Meere, die wasserführende Schicht bei Schneidemühl aber nur 10 Meter unter dem Meere liegt, so ergiebt sich daraus eine Differenz von 140—180 Meter, die trotz allen Kraftverlustes durch Reibung auf dem langen vom Wasser zurückgelegten Wege die Stärke des Auftriebes erklären kann."

Die Erfahrung lehrt, daß die Ergiebigkeit eines artesischen Brunnens mit dem Durchmesser seines Bohrlochs wächst, jedoch nicht proportional demselben, und daß sie ferner zunimmt, je tiefer die Ausflußstelle des Bohrlochs unter dem piezometrischen Niveau liegt. Als Beispiel hiefür mag der artesische Brunnen von Passy dienen. Am 28. Oktober 1861 um Mittag floß das Wasser aus dem Bohrloch bei ebener Erde aus, in 53 M. ü. M. Die Ergiebigkeit betrug 15 800 Kubikmeter innerhalb 24 Stunden. Am genannten Tage um 7 Uhr abends war durch eingesetzte Röhren die Ausflußhöhe des Wassers auf 72.70 Meter über Meer gebracht worden und der Ertrag war nur noch 4170 Kubikmeter pro 24 Stunden, um später allerdings wieder zuzunehmen. Am 31. Oktober hatte die Ergiebigkeit wieder 8200 Kubikmeter erreicht und blieb bei dieser Zahl[1]). Nach Hervé Mangon kann selbst ohne Erhöhen oder Erniedrigen des Ausflußniveaus eines artesischen Brunnens eine Veränderlichkeit in seiner Ergiebigkeit Platz greifen, da dieselbe im Konnex steht mit der Menge der vom Wasser geführten mechanischen Beimengungen.

Setzt man Röhren in die Ausflußstelle eines artesischen Brunnens ein, so nimmt dessen Ergiebigkeit zu, zwei benachbarte artesische

[1]) Nach Lapparent, Traité de Géologie, 3. Aufl., pag. 199 stellen sich die hier angegebenen und dem Werke Daubrées entnommenen Werte etwas anders. Die Ausflußhöhe der Öffnung betrug zu ebener Erde 53.50 Meter und die Ergiebigkeit pro 24 Stunden 20 000 Kubikmeter, dann bei 77.15 Meter 6192 Kubikmeter. Seit 1889 hat die durchschnittliche Ergiebigkeit des artesischen Brunnens von Passy 5000 Kubikmeter nicht mehr überstiegen. Das Bohrloch ist 580 Meter tief. Auch die Daten über die Ergiebigkeit des artesischen Brunnens von Grenelle gehen mehrfach auseinander.

Brunnen verringern aber gegenseitig ihren Wasserertrag. Der Gesamtwert dieses letzteren kommt umsomehr demjenigen gleich, den einer der beiden Brunnen geben würde, falls er nur allein vorhanden wäre und einen Durchmesser seines Bohrlochs besäße, welcher gleich der Summe der Durchmesser beider Bohrlöcher wäre, als der eine Brunnen dem anderen benachbarter gelegen ist. Durch diesen Umstand erklärt sich leicht, wie die Niveauhöhe des Wassers in gewissen in Meeresnähe belegenen artesischen Brunnen von den Gezeiten beeinflußt werden kann [1]).

Was nun die Wasserergiebigkeit der artesischen Brunnen im allgemeinen betrifft, so mögen hier zu den schon weiter oben angeführten Beispielen noch einige weitere hinzukommen. Der Unglücksbrunnen von Schneidemühl hat zu Zeiten einen Ertrag von 3.5 Kubikmeter pro Minute gehabt [2]), mit 13—14 Volumenprozenten Schlammführung, der artesische Brunnen von Merton in Surrey trägt ca. 900 Liter pro Minute, derjenige von Tours bis 2500 [3]). 1000 Liter pro Minute sind aber 526 000 Kubikmeter im Jahr.

Sehr verschieden ist die Qualität des artesischen Wassers, bald rein, bald unrein mit allerhand Beimischungen. Die Brunnen von Grenelle und von Passy enthalten im Liter 0.141 Gelöstes, eine gleichgroße Menge, wie das Nilwasser. Über die Zeitdauer des Wasserlaufes von der Infiltrationsstelle an bis zum Ausfluß hat besonders Belgrand Untersuchungen angestellt und für das Wasser von Grenelle ermitteln können, daß dasselbe zu seinem etwa 160 bis 200 Kilometer weiten Weg mehrere Monate gebraucht [4]).

Auf Bernhard von Palissy wird die Kunst Quellen zu erbohren meistens zurückgeführt, wenigstens für Europa, denn in China soll dieselbe schon früher ausgeübt worden sein. Nach Lersch [5]) wäre aber der Fayencefabrikant von Saintes durchaus nicht der erste Brunnenbohrer gewesen, zumal bereits um 1126 herum die Kartäuser von Lille im Artois auf ihrem Klostergebiet graben ließen, woher solchen erbohrten Quellen denn auch bis zum

[1]) Darüber Näheres in Daubrée, Eaux sousterraines, II, pag. 147 ff.

[2]) Keilhack, loc. cit.

[3]) Lersch, Hydrophysik, pag. 239.

[4]) Weiteres über artesische Brunnen in den citierten Werken von Daubrée und von Lersch, in: Lueger, Wasserversorgung der Städte, Heft 1—3, 1890—1892, in: Verstraeten, Les eaux alimentaires de la Belgique, 1883, 2ème partie, Hydrologie &c.

[5]) Hydrophysik, pag. 234.

heutigen Tage die Bezeichnung der artesischen Brunnen verblieben ist. Giovanni Domenico Cassini[1]), der berühmte Astronom und Geograph der Bologneser Hochschule (1625—1712), berichtet uns, daß man auf den Territorien Modenas und Bolognas die Erde, um Brunnen anzulegen, so tief ausgrabe, bis sie durch das unter derselben fließende und auf sie drückende Wasser aufgeschwollen erscheine, um dann mit einem langen Bohrer die Sohle der Grube zu durchstoßen. Sobald nun dieses Instrument wieder herausgezogen werde, dringe das Wasser mit Ungestüm hervor, fülle den Brunnen vollständig aus und diene durch seinen fortwährenden Ablauf zur Bewässerung der nächstliegenden Ländereien. Er vermutet, daß dieses Wasser wohl von der Höhe der nur 10 Meilen von diesen Landschaften entfernten Apenninen kommen müsse. Auch in den Alpen Steiermarks sollen sich, immer nach Cassini, die dortigen Bewohner auf ähnliche Weise Wasser zu verschaffen gewußt haben. Der genannte Gelehrte hat übrigens im Fort Urbino selbst einen derartigen Brunnen anlegen lassen, welcher über 4 Meter über die Oberfläche stieg[2]). Dem auch schon früher genannten Bélidor[3]) sind erbohrte Quellen ebenfalls nicht unbekannt gewesen, und zu Ende des vergangenen Jahrhunderts hat Le Turc ein eingehendes Werk über diesen Gegenstand veröffentlicht[4]). Um 1773 wurde auch schon in Deutschland der Wilhelmsbrunnen zu Kannstatt bei Stuttgart erbohrt.

Seither ist die Erbohrung von artesischen Brunnen ganz allgemein in Aufnahme gekommen[5]) und in den allerverschiedensten Ländern der Erde mit Erfolg ausgeführt worden, in Europa, im Westen der Vereinigten Staaten, in den sogenannten „Arid lands" mit 1340000 amerik. Quadratmeilen Flächenausdehnung u. s. f.,

---

[1]) Histoire de l'Académie royale des sciences, 1671, pag. 144. In seiner Abhandlung: De fontium mutinensium admiranda Scaturigine, tractatus physico-hydrostaticus, Mutinae 1691 hat Bernardini Ramazzani über die Anwendung des Brunnenbohrers und über die springenden und die gebohrten Brunnen Modenas schon vor Cassini Angaben gemacht, nach C. W. Fromann (Geolog. und physik. Betrachtungen über das Entstehen von Springquellen durch gebohrte Brunnen, übersetzt nach Héricart de Thurys Considérations phys. et géologiques sur le fonçage de puits artésiens etc., Coblenz 1833) sogar die allerersten sicheren Angaben.

[2]) Lersch, Hydrophysik, pag. 234.

[3]) Science de l'Ingenieur, livre IVème, ch. 12.

[4]) Description des procédés mécaniques en usage en Flandres pour l. construction d. fontaines jaillissantes et perpétuelles, par M. Le Turc, professor of the military sciences, London 1781.

[5]) Weitere Litteraturangaben hierüber siehe auch in der Abhandlung von Chamberlin in: 5th. Annual report of the U. St. Geolog. Survey, vom Jahre 1885.

in Algerien, übrigens auch in Abessinien, Oberägypten, an verschiedenen Stellen der Sahara — auch hier soll die Erbohrung artesischer Brunnen schon erfolgt sein, bevor man diese Kunst in Europa kannte —, in Australien u. s. f. Die Initiative zum Bohren artesischer Quellen in Algerien hat der General Desvaux im Jahre 1855 ergriffen. Der erste Brunnen ist zu Tamerna im Oued Rir' niedergestoßen worden und ergab 4010 Liter in der Minute bei 60 Meter Tiefe. Dann folgten bis zum Jahre 1860 noch 50 weitere Brunnen in der Provinz Constantine mit 36000 Liter Gesamtergiebigkeit pro Minute. Im Ganzen sind bis 1890 etwa 625 Brunnen erbohrt worden mit etwa 240000 Liter Gesamtergiebigkeit in der Minute. Die meisten dieser Brunnen haben bisher Variationen von größerer Bedeutung in ihrem Ertrage nicht erkennen lassen, selbst diejenigen nicht, die über 30 Jahre lang im Gebrauch gewesen sind [1]. Daubrée berichtet ferner, daß die gesamte Länge der Bohrlöcher in der Provinz Constantine bis zum Jahre 1882 22780 Meter betrug, und daß die Kosten dafür sich auf 3897524 Franken beliefen [2]. Demselben Autor entlehnen wir die folgende Tabelle über den Zustand des Oued Rir' vor und nach der Erbohrung von artesischen Brunnen daselbst durch die Franzosen.

	Im Jahre 1856.	Im Jahre 1880.	Mehr als im Jahre 1856.
Einwohnerzahl	6672	12827	6055
Zahl der Oasen u. bebaut. Gebiete	31	37	6
Anzahl der Palmbäume	359300	517563	128263
Anzahl der Obstbäume	40000	90000	50000
Anzahl der arab. artes. Brunnen .	282	434	152
Anzahl der französ. artes. Brunnen		59	59
Anzahl der Liter pro Minute . .	52767	124916	72149

Minnesota hatte im Jahre 1890 an 50 meist ein reichliches und vorzügliches Wasser gebende artesische Brunnen, Dakota an 100, Nebraska 5, Kansas über 30, Texas an 60 u. s. f. [3]).

Großes Interesse erregten ihrer Zeit die Bohrungen auf artesisches Wasser in St. Denis und in Epinay bei Paris, zu Anfang der dreißiger Jahre, und diejenigen von Grenelle, von denen schon

[1]) Siehe darüber im Bericht von Rolland im: Rapport de la Soc. agricole et industrielle de Batna et du sud algérien für die Weltausstellung im Jahre 1889.

[2]) Eaux sousterraines, I, pag. 184.

[3]) Siehe darüber weitere Mitteilungen in: 11th. Annual report of U. S. Geol. Survey, 1889—1890. Part II, Irrigation, Washington 1891, pag. 267 ff.

weiter oben die Rede gewesen ist. Die Abteufung dieses letztgenannten Brunnens hat vom Dezember 1833 bis zum 26. Februar 1841 gedauert, an welchem Tage 2 Uhr nachmittags bei 547 Meter Tiefe das springende Wasser erschlossen wurde. Der große Erfolg dieser Bohrung zog die Inangriffnahme noch weiterer artesischer Brunnen im Weichbild und in der Umgebung von Paris nach sich, nicht alle mit dem erhofften Erfolg. Die Bohrung desjenigen von Passy, welche elf Jahre in Anspruch nahm, hat allein an 1064000 Franken gekostet[1]). Zu den auf deutschem Boden in neuerer Zeit niedergestoßenen artesischen Bohrlöchern von besonderem Interesse gehören auch die durch Berendt veranlaßten Schrotungen auf Solquellen im Weichbild Berlins, die vom besten Erfolge waren und in einer Tiefe von 200—250 Meter Kochsalzquellen von hervorragend guten Eigenschaften erschlossen haben[2]).

Zehntes Kapitel.

Etwas von den Temperaturverhältnissen der Quellen.

Schwankungen der Temperatur. Constanz derselben bei Quellen benachbarter Areale und auf gleicher Meereshöhe. Abnahme der Quellentemperatur mit Zunahme der Meereshöhe. Beobachtungen hierüber. Einige Ausnahmefälle von diesen Regeln.

Die Temperatur der gewöhnlichen, also aus mäßiger Tiefe stammenden Quellen steht der durchschnittlichen Jahrestemperatur ihrer Quellorte meist sehr nahe, allerdings bald über und bald unter derselben. Es ist selbstverständlich, daß die durch Oberflächenwasser, als Tagwasser, Bäche, Flüsse, Seen u. s. f. beeinflußten Quellen auch Schwankungen in ihrer Temperatur zeigen werden. Im Rheinthal betragen diese letzteren nach Daubrée bis 4° C.[3]). Die in benachbarten Arealen auf gleicher Meereshöhe belegenen Quellen zeigen ungefähr dieselbe Temperatur. So weisen diejenigen, welche in der Rheinthalspalte und in den derselben benachbarten Geländen hervorbrechen, u. z. auf der gleichen Meereshöhe, unter einander nur Temperaturverschiedenheiten von höchstens 0.8°

[1]) Nach Daubrée, Eaux sousterraines, I, a. v. O.

[2]) Berendt, Der Soolquellenfund im Admiralitätsgartenbade in Berlin. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft, Jahrg. 1888, pag. 102, und: Die Soolbohrungen im Weichbilde der Stadt Berlin; in: Jahrbuch der k. pr. geol. Landesanstalt, 1889, pag. 347 ff.

[3]) Eaux sousterraines, I, pag. 421 ff.

auf, obgleich die Quellorte sowohl der mehr oder weniger exponierten Lage, als auch der Gesteinsart u. s. f. nach sehr von einander abweichen. Die mittlere Temperatur der im Rheinthal zwischen 180—260 Meter Meereshöhe hervortretenden Quellen, u. z. zwischen 48.20°—49° geogr. Breite, ist gleich 10.5°, also gleich der Durchschnittstemperatur für eine Meereshöhe von 212 Meter. Die im vulkanischen Gebirge des Kaiserstuhls bei Freiburg in Baden hervorbrechenden Quellen machen allerdings eine Ausnahme von dem Vorgesagten. Deren mittlere Jahrestemperatur ist gleich 12.4°, während diejenige des nur 14 Kilometer davon belegenen Freiburg im Breisgau (280 Meter Meereshöhe) nur 9.7° beträgt, so daß also die Wärme der Quellen des genannten Gebirges die mittlere Jahrestemperatur dieser Gegend um etwa 2.6° übertrifft. Der Umstand, daß das Klima des Kaiserstuhls im allgemeinen etwas milder ist, als dasjenige der denselben umgebenden Rheinthalebene genügt nach Daubrée aber nicht zur Erklärung dieser Thatsache, deren Ursachen anderswo liegen, unserer Ansicht nach in dem verhältnismäßig jungvulkanischen Alter der genannten Erhebung. Dafür scheint uns auch der Umstand zu sprechen, daß sogar Quellen von 22.5° C. aus derselben hervorsprudeln, die kochsalz- und gipshaltige Therme des Badlochs am Fuße des Badberges bei Vogtsburg, welche schon zu Anfang des vergangenen Jahrhunderts zu Heilzwecken benützt worden ist[1]).

Die Quellwärme nimmt ab mit der Höhe des Quellortes, dieser letzteren aber nicht immer ganz adäquat. Im Gebiete des Rheinthals zeigt sich nach Daubrée folgendes: In Höhenzügen von weniger als 280 Meter Meereshöhe beträgt diese Abnahme etwa 1° auf 200 Meter; größer ist sie für die zwischen 280 bis 360 Meter Meereshöhe belegenen Stellen, u. z. = 1° auf nur 120 Meter. Von dieser Höhe ab bis zu 920 Meter geht die Wärmeabnahme wieder auf das Verhältnis 1 : 200 zurück. Auf steileren Gehängen ist die Abnahme der Quellentemperatur stets eine raschere als auf sanft geneigten Abdachungen.

Im Dép. des Aveyron hat Boisse die Temperaturabnahme der Quellen zwischen 250—1200 Meter Meereshöhe untersucht und deren Durchschnittsbetrag gleich 1° auf 153 Meter berechnet, für die bayerischen Alpen hat Gümbel einen diesbez. Mittelwert von 1°

---

[1]) Knop, Der Kaiserstuhl, 1892, pag. 359.

auf 272 Meter gefunden und für das Fichtelgebirge einen solchen von 222 Meter.

Daß Gebirgsquellen, welche durch Schneewasser oder durch abschmelzendes Gletschereis hervorgebracht werden, kälter sind und Ausnahmen von den soeben vorgetragenen Thatsachen machen, das liegt auf der Hand. Gleiches ist der Fall für Quellen, welche die Abflüsse tiefer Seebecken sind, deren Bodenschicht nur 4° Temperatur aufweist[1]). Die Temperatur der Thermen wird im folgenden Abschnitt behandelt werden.

---

[1]) Weiteres hierüber bei Lersch, Hydrophysik, pag. 25 ff., bei Daubrée, loc. cit., H. u. A. Schlagintweit, Physikalische Geographie der Alpen, 1850, Geographie u. Geologie der Alpen, 1854, u. v. a. m.

Zweiter Abschnitt.

Von den Thermalquellen.

Elftes Kapitel.

Von den Thermalquellen.

Thermen und absolute Thermen. Vorkommen der Thermalquellen. Temperatur der Thermen. Die Constanz und die Veränderlichkeit derselben. Die Temperaturschwankungen am Kochbrunnen zu Burtscheid, nach J. Beissel. Diesbezügl. Untersuchungen an den Thermalquellen von Aachen-Burtscheid überhaupt. Die Temperatur der bekanntesten Thermalquellen der Erde. Von den Wärmeursachen der Thermen und von der Möglichkeit, aus deren Temperatur die Tiefe ihres Ursprungsortes zu ermitteln. Die Exhalationstheorie von D. Stur. Indifferente Thermen oder Wildbäder. Schluß.

Auf Seite 19—20 dieses Buches, in den einleitenden Worten, hatten wir schon Gelegenheit, einige Daten über die Entstehung der Thermen vorzubringen und diesen Begriff zu erläutern, wobei wir betonten, daß derselbe bestimmt werde durch die klimatischen Umstände und Verhältnisse der Hervorbruchstellen der Thermalquellen. Von den Thermen im weiteren Sinne des Wortes, also von denjenigen Quellen, deren Temperatur nicht in hervorragender Weise merklich wärmer ist, als die mittlere Jahreswärme ihres Ursprungsortes, wollen wir hier nicht reden, sondern uns einzig und allein mit den absoluten Thermen, wie Fuchs[1]) sie genannt hat, befassen. Absolute Thermen sind aber nach dem Genannten nur diejenigen Thermen, deren Temperatur die mittlere Jahreswärme am heißesten Orte der Erde übersteigt, also mindestens fortwährend höher ist, als 30 °C. Von den Polen bis zum Äquator sind derartige Quellen verbreitet, ebenso sind dieselben nicht an die Meereshöhe gebunden, denn nach Fuchs entspringt die Aqua

---

[1]) Die vulkanischen Erscheinungen der Erde, pag. 534—535.

tibia in den Cordilleren Südamerikas in nahezu 3700 Meter und hat eine Wärme von 28.8° C.

Das Vorkommen von Thermalquellen in der ebenerwähnten Auffassung ist auf unserer Erde gebunden an die vulkanischen Erscheinungen, u. z. im weiteren und engeren Sinne. Im engeren Sinne dadurch, daß die Thermen besonders gern in Gebieten auftreten, in welchen vulkanische Kraft sich noch äußert (Thermen Neuseelands, Islands), oder auch sich vor nicht gar zu langer Zeit — geologisch gesprochen — geäußert hat, im weiteren durch den Umstand, daß das für das Vorkommen der Thermen charakteristische geologische Merkmal ihr Gebundensein an Spalten, Sprünge und Klüfte in der Erdfeste ist, und nicht eine Abhängigkeit vom Wechsel wasserdurchlässiger mit wasserundurchlässigen Schichten [1]). Die erwähnten Brüche in der Erdrinde sind aber doch bekanntlich auf keine anderen Ursachen, als auf vulkanische Kräfte zurückzuführen. So gruppieren sich um das Centralplateau Frankreichs herum, also um ein Areal, auf welchem noch bis in die Quartärzeit hinein die unterirdischen Gewalten in hohem Maße entfesselt waren, eine Reihe sehr ergiebiger Thermalquellen, z. B. diejenige von Chaudes-aigues mit 2000 Kubikmeter Wasserertrag im Tage, diejenige von Néré mit 1700 Kubikmeter, die sechs Quellen von Bourboule, u. s. f. [2]). Die Thermen von Plombières entspringen aus Spalten, die im Granit aufsetzen, diejenigen am Südabhange des Erzgebirges auf einer Bruchlinie, welche vom Ufer der Elbe entlang durch das nördliche Böhmen bis zum Fichtelgebirge reicht und den Namen der böhmischen Thermalspalte trägt. Längs dieser letzteren ist der Südflügel des erzgebirgischen Sattels in die Tiefe gesunken und auf ihr liegen auch die vielen Eruptionsstellen phonolithischen und basaltischen Materials, welche in tertiärer und vielleicht noch in späterer Zeit hier thätig gewesen sind und am Aufbau des böhmischen Mittelgebirges mitgeholfen haben. In den vielen Ebenen des Mississippi finden sich keine Thermalquellen, ebensowenig an der atlantischen Küste Nordamerikas, sondern sie treten in diesem Erd-

[1]) Die Thermen von Hammam-Meskutin in Algerien sind hunderte von Kilometern von der nächsten Stelle entfernt, woselbst vulkanische Kraft im engeren Sinne thätig war, diejenigen von Bath in England 400 engl. Meilen von der Eifel und 440 engl. Meilen von der Auvergne. Schon Humboldt ist es aufgefallen, daß die heißesten unter den permanenten Thermen, so die Aguas calientes de las Trincheras zwischen Porto Cabello und Nueva Valencia und die Thermen von Comangillas bei Guanascuato in Mexiko gerade fern von Vulkanen auftreten (Kosmos I, pag. 229).

[2]) Lapparent, Traité de Géologie, 3. Aufl., I, pag. 473.

teil nur im Apalachengebirge, in dem Felsengebirge und in den die Küste des Stillen Ozeans begleitenden Bergzügen auf. Allerdings macht die große Senke Colorados durch das Fehlen warmer Quellen hierin eine Ausnahme. Es ist also, wie Lapparent betont hat, die Anzahl der Thermen abhängig vom Grade der Zerklüftung der Erdrinde, und wiederum ist das Maß ihrer Intensität um so größer, je jüngeren geologischen Alters diese Zerklüftung ist. Darum ist auch in der Union die Temperatur der Thermen im Apalachengebirge eine niedrigere, als diejenige der Thermalquellen im nordamerikanischen Westen [1]).

Die Temperatur mancher Thermen scheint nicht immer eine durchaus konstante zu sein und bisweilen sogar um einige Grade zu schwanken [2]). Allerlei Verhältnisse, so plötzliches Hereinbrechen von Tagwassern, Erdbeben, ein allmähliches Verstopftwerden der Hervorbruchsstellen, wodurch ein langsameres Eintreten des Wassers in das Quellbecken und eine Abkühlung des ersteren bewirkt wird, mechanische Eingriffe von Menschenhand, welche unvermuteten Adern kalten Quellwassers den Weg zu den Thermalspalten eröffnen, u. dergl. mehr können selbstverständlicher Weise je nachdem eine Erniedrigung oder eine Erhöhung der Temperatur der Thermalwasser herbeiführen. Der gewaltige Wassereinbruch im Döllinger Schacht bei Dux am 10. Februar 1879, bei welchem in den ersten neun Minuten an 20 000 Kubikmeter Wasser einströmten, hat sechzig Stunden später, am 13. Februar in der Frühe das Versiegen der Teplitzer Thermen verursacht, indem die Thermalwasser ihren Abzug nach dem Duxer Einbruch genommen hatten, nach welcher Richtung hin die Thermalspalte verläuft. Später, am 26. Februar, hat man durch Anlage eines Schachtes die Teplitzer Urquelle wieder erlangt, die vor der Katastrophe 39.5° R. besessen hatte, am 11. April 1888 nach den Messungen von Stur aber nur noch 37° R. aufwies [3]). Nach Naumann erkalteten während der Erdbeben in den Pyrenäen im Jahre 1660 die Thermen von

---

[1]) Lapparent, loc. cit.

[2]) Nach Lersch schwankt eine der Quellen der Herkulesbäder bei Mehadia mit 1 394 000 Kubikmeter Ergiebigkeit pro Jahr von 17° C. auf 41° C.

[3]) Der zweite Wassereinbruch von Teplitz-Ossegg (Jahrb. d. k. k. geol. R.-Anstalt, 1888, pag. 474). Über die Katastrophe von Teplitz ist die Litteratur z. B. riesig angewachsen. Einige gute Darstellungen nennen wir hier: Laube, Die Katastrophe von Dux und ihr Zusammenhang mit dem Ausbleiben der Stadtbadquelle in Teplitz, Bohemia, 1879, Nr. 56; Derselbe, Geolog. Excursionen im böhmischen Thermalgebiet, Leipzig 1884, pag. 43 ff.; Hauer, Über die Katastrophen in Teplitz-Dux, Verhandlungen d. k. k. geol. R.-Anstalt, 1879, pag. 96.

Bagnères so sehr und so plötzlich, daß die in den Bädern befindlichen Kurgäste dieselben verlassen mußten[1]), und nach Lersch[2]) soll die Reine-Quelle zu Bagnères de Luchon sehr durch Erdbeben verändert werden; auf die Temperatur der Thermalquellen von Bourbon l'Archambault, wie auch auf noch andere hatte das große Erdbeben von Lissabon einen erhöhenden Einfluß, auch dasjenige von Casamicciola im Jahre 1883 steigerte die Temperatur der dortigen Quellen, während wiederum nach den Beobachtungen von Wähner das Erdbeben von Agram auf die Wärme der Quellen des Bades Sutinsko erniedrigend einwirkte, diejenigen von Krapina-Töplitz betreffs der Temperatur jedoch völlig untangiert ließ[3]).

Seit dem Jahre 1810 wurden am Kochbrunnen zu Burtscheid Temperaturschwankungen beobachtet, u. z. derart, daß ein Abnehmen der Wärme des Wassers bemerkbar war, doch so, daß zeitweilig auch wieder eine vorübergehende Temperaturzunahme konstatiert werden konnte. Von etwa 66.25° C.—68.75° C. im besagten Jahre war die Wärme des Kochbrunnenwassers bis 1851 auf 56.25° C. herabgegangen. Eine etwa 0.5 Meter mächtige, der Hauptsache nach aus kohlensaurem Kalk und aus Schwefeleisen bestehende Kruste hatte die Vorbruchsklüfte im Kalkstein überdeckt, so daß das Thermalwasser teilweise einen anderen Weg nehmen mußte, daher nur langsamer und auch in verminderter Qualität in das Quellbecken eintreten konnte und zum Teil wohl auch mit Oberwasser aus dem stark zerklüfteten Fels vermischt war. Nach der Reinigung des Quellbeckens war die Temperatur wieder die ursprüngliche, an einer der Ausbruchsstellen des Thermalwassers sogar noch um 1.30° C. höher, als zuvor[4]). Die Temperaturzunahme gewisser Thermen will Lersch[5]) auf eine Verminderung der Abkühlung des Wassers durch stärkeren Fluß zurückführen, weshalb seiner Meinung nach bei Hochwasser die Thermen wärmer werden. Dort, wo sich aus dem in die Erde eingedrungenen Wasser eine Drucksäule bildet, wächst auch die Größe des Wasserdrucks an. Bei größerem Druck muß aber mehr Wasser aus der Erdtiefe hervorquellen und zugleich schneller fließen, es ist daher der Abkühlung weniger unterworfen. In gewissen Fällen hat nach dem Genannten die

---

1) Hörnes, Erdbebenkunde, 1893, pag. 125.

2) Lersch, Hydrophysik, pag. 44.

3) Hörnes, loc. cit.

4) Beissel, Der Aachener Sattel und die aus demselben hervorbrechenden Thermalquellen, Aachen 1886, pag. 231—32.

5) loc. cit. pag. 41—42.

Temperaturzunahme der Thermen bei Hochwasser noch einen anderen Grund, insofern nämlich, als der höhere Stand des kalten Wassers am Quellausgange wärmere Quelläste am Ausfließen behindert und das wärmere Wasser nach dem anderen Quellaste hintreibt, wo dann dieser bei der Messung wärmer befunden wird. Den Temperaturwechsel der weiter oben (Seite 119 Note 2) erwähnten Quelle der Herkulesbäder bei Mehadia, der mit dem Wasserstande der Flüsse zusammenhängt, denkt sich Lersch auf ähnliche Weise hervorgerufen.

Im Jahre 1881 hatten von den Aachen-Burtscheider Thermen von 12 vergleichbaren Quellen 8 an Temperatur ab-, 3 davon zugenommen, 1 war unverändert geblieben, und die Wärme der Thermen war im erwähnten Jahre im allgemeinen niedriger, als im Jahre 1872. Zugleich nahm der Kochsalzgehalt der Thermen fast allgemein ab. Bei 4 dieser 12 Quellen überstieg das Maß der Abkühlung die Schwankungen, welche dieselben Quellen in ganz kurzen Zwischenräumen zeigten. Beissel, dem wir diese Daten entnehmen, ist geneigt, eine das ganze Quellgebiet beeinflussende Störung als Ursache dafür anzunehmen[1]). Die Abnahme der Temperatur und des Salzgehaltes fiel nämlich zusammen mit einer äußerst regenreichen Periode, weshalb vielleicht der Stand der Grund- und Oberwasser auf den Thermalstrecken in Aachen-Burtscheid im Jahre 1881 höher gewesen ist, als in den 70er Jahren. Durch diese Tagwasser soll dann eine verstärkte Abkühlung und ein Vermischen derselben mit dem Thermalwasser stattgefunden haben. Leider konnte Beissel nicht mehr feststellen, ob die Ergiebigkeit der Thermen im Jahre 1872 größer oder kleiner war, als in den Jahren 1881, 1883 und 1884.

Neben diesen Temperaturschwankungen während größerer Zeitabschnitte kann man auch geringere Schwankungen in ganz kurzen Zeitabständen konstatieren, wie dies z. B. ebenfalls Beissel in Aachen-Burtscheid that. Ebenso tritt zuweilen aus den verschiedenen Hervorbruchsstellen ein- und desselben Quellbeckens verschieden temperiertes Wasser heraus. Der schon erwähnte Kochbrunnen in Burtscheid bildet ein Becken von elliptischem Querschnitt mit 3.46 m großer und 2.09 m kleiner Achse. Der Quadratinhalt der Oberfläche des Wasserspiegels beträgt 5.6795 m. An verschiedenen Punkten des Beckens steigt Thermalwasser auf, dessen Temperatur

---

1) loc. cit. pag. 239.

an jeder einzelnen Stelle nicht nur verschieden ist, sondern auch in kurzen Zwischenzeiten bei dem Wasser derselben Hervorbruchsstelle schwankt. Der Hinzutritt von Ober-, resp. von Wildwassern, vielleicht auch die mit dem Thermalwasser aufsteigenden Gase, als Kohlensäure und Stickstoff, dürften nach Beissel wohl die Ursache dieser Erscheinungen sein[1]). An einer ganz bestimmten Stelle ist die Temperatur der Thermen zu Aachen und Burtscheid die höchste; von dieser Stelle ab nimmt dann der Unterschied zwischen dem Thermalwasser und dem gewöhnlichen Wasser im großen und ganzen allmählich ab, bis ein Unterschied zwischen beiden kaum mehr erkennbar ist. In Aachen ist diese typische Stelle die Kaiserquelle (55° C.), in Burtscheid die Schwertbadquelle (76° C)[2]). Ähnliches scheint bei den Thermen von Baden-Baden der Fall zu sein. Nach Lersch dürfte man an vielen Orten, woselbst Thermen entspringen, auch eine Coincidenz der wärmsten und der wasserreichsten Quelle konstatieren können, so z. B. in Karlsbad, mit Ausnahme des sehr hoch liegenden Schloßbrunnens, in Teplitz, Gastein u. s. f.[3]). Auch in Baden-Baden findet sich nach Sandberger die größte Wassermenge und die höchste Temperatur in der Gruppe des Ursprungs, der Juden-, Brüh- und Ungemachsquelle vereinigt[4]). Die tiefer liegenden Thermalquellen scheinen wärmer zu sein, als die höher gelegenen, eine Beobachtung, welche schon zu Anfang des vergangenen Jahrhunderts Scheuchzer, der bekannte schweizerische Naturforscher, bezügl. der Thermen von Pfäffers, Baden und Leukerbad machte, und deren Ursache er in dem Umstande suchte, daß die Erdwärme sich in den tieferen Thälern besser und länger erhielte, als auf den Höhen. Nach Lersch zeigen, um ein Beispiel anzuführen, die in verschiedenen Meereshöhen gelegenen Hervorbruchsstellen der Thermen von Bagnères de Bigorre auch verschiedene Temperaturen, so die tiefer entquellenden 51° C., dann eine höherliegende 48.3° C., endlich eine, die um 120 m höher entspringt, als die tiefsten, nur 46.5° C. Allerdings findet sich bisweilen auch gerade das Gegenteil, so daß dann die am höchsten Punkte einer Thermalspalte entströmende Quelle die wärmste ist.

---

1) Beissel, loc. cit. pag. 193—194, 232—233, 236.
2) Beissel, pag. 225.
3) Hydrophysik, pag. 37.
4) In: Eck, Geognost. Beschreibung d. Gegend u. Baden-Baden, u. s. f. (Abhandl. k. preuß. geol. L.-Anstalt. Neue Folge, Heft 6, pag. 613).

Über die Absätze gewisser Thermen haben wir schon anderswo eingehendere Mitteilungen gemacht (Kap. 7 und Beilage 2), auf welche wir hiermit verweisen wollen.

Nachfolgend einige Temperaturangaben einiger der wichtigsten Thermalquellen unserer Erde.

In Deutschland und Österreich-Ungarn:

Aachen, Kaiserquelle	55°	C.
Burtscheid, Schwertbadquelle	76°	„
Wiesbaden	69°	„
Baden-Baden, Hauptquelle nach Bunsen	68.63°	„
Baden-Baden, Neue Höllenquelle nach Bunsen	86.25°	„
Wildbad, Quelle der Trinkhalle	34.5°	„
Wildbad, Mittel aller Quellen	37.4°	„
Teplitz, Urquelle, vor der Katastrophe	48°	„
Karlsbad, Sprudel	73.8°	„
Karlsbad, Temperatur der übrigen Quellen, zwischen	49.7° C.—63.4°	„
Gastein	49.6° „—25.8°	„
Mehadia, Herkulesbad	62.5° „—29°	„

In Frankreich:

Plombières in den Vogesen	71°	„
Bourbonne-les-Bains, Hte. Marne	68°	„
Chaudesaigues im Cantal	88°	„
Aix-les-Bains, in Savoyen	45°	„
St. Gervais-les-Bains, ibid.	42°	„
Royat im Puy-de-Dôme	35.5°	„
La Bourboule, ibid.	52°	„
Vichy im Allier	52°	„
Bagnères-de-Luchon, Hte. Garonne	66°	„
Bagnères-de-Bigorre, Htes. Pyrénées	51°	„
Eaux-Bonnes, Basses Pyrénées	32°	„

In England:

Bath in Somerset	40° C.—48.9°	„

In der Schweiz:

Baden im Aargau, Durchschnittstemperatur	48°	„
Leukerbad im Wallis, Lorenzquelle	51°	„

Pfäffers, an der Quelle in der Taminaschlucht		37.5°	C.
Pfäffers, in Ragaz		35.4°	„

In Italien, Spanien und Portugal:

Abano im Euganäengebirge		84.5°	„
Aqui, Provinz Alessandria	51° C.—	48°	„
Montecatini, Provinz Lucca	29.75° „ —	21°	„
Lucca in Toscana		54°	„
Caldas-de-Chaves in Portugal		51.1°	„
Alhama in Granada		47°	„
Caldas de Montbuy bei Barcelona		70°	„

In Rußland:

Pjatigorsk in Kaukasien	28.7° „ —	47.5°	„

In außereuropäischen Ländern:

Hammam-Meskutin in Algerien	78° „ —	95°	„
Steamsboats-Springs, Bear River, Idaho, N.-Amerika		87.7°	„
Chichi-Mequilla in Mexiko		96.4°	„
Aguas calientes de las Trincheras in Venezuela		96.9°	„
Banas bei Quito in Ecuador		52°	„
Igabo, Luzon, Philippinen		56°	„

Daß die als Thermen zu Tage gehenden Quellen sämtlich von den auf die Erdfeste niederfallenden Atmosphärilien gespeist werden, die als Sickerwasser in die Tiefen der Erde eindringen und hier im allgemeinen die Temperatur der sie umgebenden Massen annehmen, darüber kann ein Zweifel nicht mehr obwalten. Wir haben diese Frage bereits in der Einleitung zu diesem Buche, Seite 15, berührt und brauchen wohl dieserhalb nicht mehr darauf zurückzukommen. Es wäre interessant und lehrreich für unsere Leser, wenn wir uns hier in einem Excurs über die verschiedenen Ansichten ergehen könnten, welche seit des Aristoteles Zeiten bis in die Gegenwart herein über den Ursprung und die Ursachen der erhöhten Temperatur der Thermalquellen geäußert worden sind. Manchen seichten philosophischen Spekulationen, aber auch manchem geistreichen Gedanken würden wir im Verlaufe unserer Forschungen begegnen. Leider sind uns aber im engen, diesem Buche gesteckten Rahmen dergleichen Auseinandersetzungen nicht möglich. Eine ziemlich vollständige Zusammenstellung solcher Ansichten findet

man in Lersch's hier oft citiertem Buche „Hydrophysik“, einen guten Überblick über die Meinungen ihrer Zeitgenossen und ihrer Vorgänger hierüber verdanken wir dem uns ebenfalls schon genauer bekannten gelehrten Jesuitenpater Athanasius Kircher aus Fulda[1]) oder dem scharfsinnigen Horst[2]), und noch anderen Forschern mehr, die einstmals zu den großen Geistern ihrer Zeit gehört haben, heute aber kaum mehr dem Namen nach bekannt sind.

Um aus der Wärme bestimmter Thermalquellen in annähernder Weise die Tiefe zu berechnen, aus welcher die Thermalwasser emporsteigen, ist es zuvor nötig, festzustellen, in welcher Tiefe für die betreffende Gegend die Temperatur der Bodenschichten der mittleren Jahrestemperatur der Luft an diesem Orte entspricht, ferner den Wert der geothermischen Tiefenstufen an diesem letzteren zu kennen. Selbstverständlich wird bei einer solchen Berechnung vorausgesetzt, daß die Wärme des Thermalwassers weder durch chemische Prozesse im Innern der Erde, noch durch Berührung mit ebendaselbst befindlichen, noch nicht abgekühlten vulkanischen Auswurfsstoffen erzeugt wird. Wir erinnern uns daran, daß für verschiedene Örtlichkeiten weder die Tiefe, in welcher die Bodentemperatur constant der mittleren Jahreswärme des Ortes entspricht, noch die geothermische Tiefenstufe, also das Maß, nach dem von da ab bei fortschreitender Tiefe die Temperatur des Bodens zunimmt, gleichwertig sind. Es ist zu bedenken, daß sowohl die Lage der Schichten, deren Wärme der mittleren Jahrestemperatur des senkrecht über ihnen liegenden Ortes entspricht, wie auch die geothermische Tiefenstufe wechseln nicht nur nach der Lage des Ortes selbst, sondern auch nach der Beschaffenheit der Bodenarten. Dann darf auch ferner nicht vergessen werden, daß auch der Wert der geothermischen Tiefenstufe mit der Tiefe in einem näher nicht bekannten Grade zuzunehmen scheint. Des weiteren ist auch noch der Umstand in Rechnung zu bringen, daß sich die geothermische Tiefenstufe mit der hydrothermischen nicht immer deckt. In Betracht sind ferner allerlei Umstände zu ziehen, wodurch die Temperatur der in Frage kommenden Thermalquelle beeinträchtigt werden könnte, so das Eindringen von Wildwasser in die Thermalspalte, das die Wärme des Thermalwassers beträchtlich zu beeinflussen im stande ist, u. dergl. mehr. Alles in allem wird eine solche Berechnung immer nur einen annähernden, niemals aber

---

[1]) In seinem Mundus subterraneus.

[2]) De natura thermarum, Gießen 1618.

einen Wert ergeben können, der auf Genauigkeit und absolute Richtigkeit Anspruch erheben dürfte. Man wird die erhaltenen Zahlen nur als eine Andeutung darüber zu betrachten haben, in welcher Tiefe die Schichten der Erdfeste liegen würden, in denen eine der Temperatur der heißesten Therme des betreffenden Ortes analoge Wärme herrscht. In diesem Sinne sind denn auch alle die Angaben über die Tiefen aufzufassen, aus welchen diese oder jene Thermalquelle heraufkommen soll. Nach von Dechen kämen die Aachen-Burtscheider Thermen aus ca. 1500—1800 Meter Tiefe[1]), diejenigen von Baden-Baden aus 1711 Meter Tiefe, diejenigen von Wildbad aus 870 Meter Tiefe[2]).

Eines muß jedenfalls als festgestellt gelten, daß es in erster Linie der hydrostatische Druck ist, welcher das Thermalwasser aus den Tiefen der Erde an ihre Oberfläche treibt. Bisweilen allerdings mag auch der Dampfdruck hier seine Wirkung äußern, wie man ja, abgesehen von den uns schon bekannten Geysiren, Dampf- und Wasserausströmungen findet, welche die Thermalquellen gewissermaßen direkt mit den Solfataren verbinden. Wir erwähnen als Beispiel solcher Bindeglieder die berühmten Soffioni bei Castel Nuovo in der Toscana, welche wir ebenfalls schon kennen.

Stur ist der Ansicht, daß Thermen auch dadurch entstehen können, daß größere in geringen Tiefen der Erde vorhandene Wasseransammlungen durch eine auf Klüften und Spalten aufsteigende Exhalation von Wasserdampf und Kohlensäure erwärmt würden. Diese genannte Exhalation ist also der eigentliche Wärmebringer und Wärmegeber und beispielsweise auch die Ursache des Vorhandenseins der Teplitz-Schönauer Thermalquellen. Hier sind es nach Stur im Porphyr aufgestaute Wassermengen, welche zu Thermalwasser umgebildet werden. Die Exhalation ist aber außerdem, daß sie dem Wasser Kohlensäure und Wärme zuführt, noch der Motor, welcher die Wasseransammlung im Porphyr nötigt, eine Bewegung zu machen, denn die aufsteigenden Gasblasen, unabhängig von ihrer Größe, drängen Wasser vor sich und ziehen solches nach sich, auch schieben sie dasselbe seitwärts aus seiner ursprünglichen Lage und Ruhe, geben ihm sogar oft eine wallende Bewegung. Aus der Tiefe folgt das kälteste, schwerste, nämlich an Mineralstoffen am meisten angereicherte Grundwasser der Exhalation nach aufwärts, gelangt in die erwärmteren Regionen, wird

[1]) Beissel, loc. cit., pag. 267.
[2]) Nach Regelmann, Die Quellwasser Württembergs, pag. 125.

mit den leichteren Wassermassen gemischt, die nun dadurch ihrerseits an Gehalt gewinnen. Die wallende, durch die Exhalation mechanisch hervorgebrachte Bewegung sorgt zugleich für die Gleichheit und Gleichmäßigkeit in Temperatur und chemischer Zusammensetzung der ganzen vorrätigen Thermalwassermasse. Soweit sich nun diese wallende Bewegung der Mischung der tieferen mit den höheren Wasserschichten in die entferntesten Klüfte des Porphyrs in der Umgebung von Teplitz mitteilt, soweit ist dann auch das in den Spalten dieses Gesteins angesammelte Wasser ein Thermalwasser [1]).

Die Thermalquellen pflegt man je nach den in ihren Wassern gelösten Substanzen in verschiedene Kategorien einzuteilen, die wir bei der Besprechung der Mineralquellen im folgenden Abschnitt eingehender kennen lernen wollen. Nur eine Abteilung derselben kann eigentlich nicht bei den Mineralquellen untergebracht werden, weil dieselbe nur sehr wenig feste oder gasige Bestandteile führt (selten mehr denn 0.6 gr Festes im Liter). Ihrer Stoffarmut wegen bezeichnet man diese Thermen als indifferente Thermalquellen oder als Wildbäder; es sind, wie Flechsig treffend bemerkt, thatsächlich nur warme Süßwasserquellen. Die Thermen von Gastein, von Ragaz-Pfäffers, von Teplitz-Schönau, von Wildbad u. s. f. gehören dazu.

Man ist früher geneigt gewesen, der Wärme der indifferenten Thermalwasser eine wunderbare, mystische Wirkung in therapeutischer Beziehung zuzuschreiben, welche das von Menschenhand erwärmte gewöhnliche Süßwasser nicht besäße. Heute scheint diese Ansicht in medizinischen Kreisen nicht mehr viele Anhänger aufzuweisen [2]). An Versuchen, die Ursachen dieser besagten Wirkungen zu erklären, hat es auch nicht gefehlt, und noch in neuerer Zeit hat Renz [3]) die Anschauung ausgesprochen, daß ein Wasser, welches einem mehr als hundertfachen Atmosphärendruck und einer Glühhitze von einigen tausend Grad ausgesetzt sei, dennoch aber seinen flüssigen Aggregatzustand beibehalten könne, nicht nur eine andere Lagerung seiner Moleküle annehmen, sondern auch eine andere Wärmeschwingung zeigen müsse, als ein eben erst aufgewärmtes Wasser.

---

[1]) Der zweite Wassereinbruch in Teplitz-Ossegg; in: Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanstalt, 1888, pag. 476 ff.

[2]) Flechsig, Bäder-Lexikon, pag. 15—16, und Leichtenstern, Allgemeine Balneotherapie, pag. 300 ff.

[3]) Die Heilkräfte der sogenannten indifferenten Thermen, insbesondere der Krankheiten des Nervensystems. Tübingen, 1878.

Dritter Abschnitt.

Von den Mineralquellen.

Zwölftes Kapitel.

Von den in den Mineralquellen gelösten Substanzen.

Einleitendes. Experimente Struves über die Auslaugungsfähigkeit des Wassers an verschiedenen Gesteinen. Von den bisher im Quellwasser in Lösung gefundenen 48 Elementen.

Der Umstand, daß die Mineralquellen einen höheren Gehalt an gelösten Stoffen besitzen und teilweise andere Substanzen enthalten, als die gewöhnlichen Quellen, muß auf eine Reihe besonderer Faktoren zurückgeführt werden[1]). Dazu gehören in erster Linie günstige physikalische und geologische Verhältnisse, als z. B. geeignete geologische Bildungen, Länge des Wasserlaufes im Quellensystem, Druck, Temperatur u. s. f., ferner die Mitwirkung der zuerst aufgenommenen Stoffe, wie Kohlensäure, Sauerstoff, organische Substanzen, schweflige Säure, Schwefelsäure, leichter lösliche Salze u. s. f., welche nicht nur im allgemeinen das Lösungsvermögen des Wassers erhöhen, sondern auch im stande sind, andere Bodenbestandteile oder Gesteinsarten zu zersetzen und in lösliche Substanzen überzuführen. Wenn nun auch gleichzeitig sich einstellende Prozesse (z. B. Bildung unlöslichen Magnesiumsilikats beim Zusammentreffen von kieselsauren Alkalien mit schwefelsaurer Magnesia oder Chlormagnesium, Ausfällung schwerer Metalle durch Schwefelwasserstoff oder gelöste Sulfide, u. s. w.) der Auslaugung entgegen-

[1]) Es liegt auf der Hand, daß sich zwischen den gewöhnlichen und den Mineralquellen eine scharfe Grenze nicht ziehen läßt, da ja mit nur höchst seltenen Ausnahmen fast jede Quelle sowohl Mineralstoffe als auch Gase mit sich führt.

arbeiten, so sind sie doch nur untergeordneter Art, und es kann durch dieselben der Auslaugungsprozeß zwar verlangsamt, aber nie aufgehoben werden. Es sei auch daran erinnert, daß ebensowenig, wie eine vollkommene Undurchdringlichkeit, eine vollkommene Unzersetzbarkeit oder Unauflöslichkeit eines Gesteines durch Wasser bei langandauernder Einwirkung existiert. Der großen Zahl der bei der Bildung der Mineralquellen denkbaren Kombinationen der mitwirkenden Faktoren entspricht denn auch die Mannigfaltigkeit der Zusammensetzung der natürlichen Mineralwässer [1]).

Den experimentellen Nachweis für die Bildung der Mineralquellen, speziell der Säuerlinge durch eine derartige Auslaugung verdanken wir F. A. A. Struve [2]). Dieser Chemiker hat gezeigt, daß die in den Mineralquellen in Lösung vorhandenen Salze bereits in der Gebirgsart, der die betreffende Quelle entstammt, zu finden sind oder in dieser letzteren wenigstens ihre Stammmineralien haben, und daß sich diese Salze unter geeigneten Verhältnissen dem Wasser mitteilen. Übrigens hatten schon vor dem genannten Berzelius, von Hoff und Bischof darauf hingewiesen, daß die in den warmen natronhaltigen Quellen Frankreichs und Böhmens vorhandenen Bestandteile, und diejenigen der Eifel und noch anderer Gegenden in ursächlichem Zusammenhang stehen müßten mit den in diesen letzteren früher thätig gewesenen Vulkanen.

Die Untersuchungen Struves sind an verschiedenen der jung- und altvulkanischen Gesteine Böhmens ausgeführt worden, so an den Phonolithen vom Donnersberg bei Bilin und vom Engelberg bei Karlsbad, an den Basalten von Marienbad und vom Plattenberg bei Eger, am Quarzporphyr von Teplitz, u. s. f., und die dabei erhaltenen Lösungen entsprachen den in der Umgebung der betreffenden Gesteine entspringenden Quellen. Struves Versuch am Phonolith vom Donnersberg bei Bilin wollen wir hier, immer, wie im Vorhergehenden, den Darstellungen Goldbergs [3]) folgend, in seinen Grundzügen kennen lernen. Einen etwa zwei Meter hohen metallenen Cylinder füllte derselbe mit zerkleinertem und mit Quarzsand gemengtem Gestein von der genannten Örtlichkeit und preßte hierauf von unten ein an Kohlensäure reiches Wasser bei verschiedenem Atmosphärendruck hindurch. Bei 2 Atmosphären

---

[1]) Nach Alwin Goldberg, Die natürlichen und künstlichen Mineralwässer, Weimar, 1892.

[2]) Künstliche Mineralwässer, Dresden-Leipzig, 1825—1826.

[3]) loc. cit.

Druck fing die oberste Schicht des Klingsteins nach 12 Stunden zu tröpfeln an, und die chemische Untersuchung des oben abfließenden Wassers ergab qualitative Übereinstimmung mit der in der Nähe des Donnersberges bei Bilin heraustretenden sehr salzreichen alkalischen St. Josephs-Sauerquelle. Bei Anwendung von 3 Atmosphären Druck erhielt Struve auch eine annähernd quantitativ gleiche Lösung. Nach damaligen gleichzeitig ausgeführten Bestimmungen ergab:

	1 Pfund Klingsteinauflösung.	1 Pfund Wasser der Josephsquelle.
Kohlensaurer Kalk	4.480 Gr.	3.066 Gr.
Kohlensaures Natron	21.974 „	22.732 „
Kohlensaure Magnesia	1.126 „	1.196 „
Schwefelsaures Natron	4.859 „	6.171 „
Schwefelsaures Kali	1.670 „	1.735 „
Chlornatrium	1.963 „	2.885 „
Kieselsäure	0.512 „	0.355 „

Neuere, an Struves Arbeiten anschließende Untersuchungen von Conrad Clar, u. z. über die Einwirkung kohlensäurehaltigen Wassers auf den Granit von Gleichenberg in Steiermark[1]), ergaben ähnliche Resultate. Allerdings war der Extrakt aus dem Trachyt von einem Steinbruch nahe der Klausener Stahlquelle bei Gleichenberg grundverschieden von den stoffreichen alkalisch-muriatischen Säuerlingen des Kurortes selbst, bot aber einige Analogie mit der besagten Klausener Stahlquelle. Das ist um so wichtiger, als, wie Clar betont, dieser letztere Säuerling im Gegensatze zu den Quellen des Kurortes keine erhöhte Ursprungstemperatur besitzt und somit die Gewähr dafür giebt, daß der Quellenlauf ein ziemlich oberflächlicher ist, in dessen Bereiche kaum eine wesentliche Änderung in der chemischen Zusammensetzung des Gesteins zu erwarten ist. Es scheint, daß das Gleichenberger Trachytgestein von seinen Bestandteilen vornehmlich Kalk, Eisen und Kieselsäure an die aus ihm entspringenden Säuerlinge abgeben kann.

Was nun die Herkunft der wichtigsten in den Mineralquellen in Lösung befindlichen Substanzen betrifft, deren einige wir ja schon genauer kennen gelernt haben (Kap. 7, Beilage Nr. 2), so kämen hier in erster Linie in Betracht der Sauerstoff, der Wasserstoff und der Stickstoff. Das erstgenannte dieser drei

---

[1]) In: Tschermaks Mineral. und petrograph. Mittheilgn., 1883, pag. 385 ff.

Gase ist nicht in allen Mineralquellen vorhanden, ja meistens findet sich nur noch eine geringe Menge dieser Substanz darin vor, weil die in die Erde eindringenden und in größere Tiefe gelangenden Wasser ihren Gehalt daran an andere Stoffe behufs deren Oxydation abgegeben haben. Anderenteils kennt man aber auch an Sauerstoff verhältnismäßig reiche Quellwasser. Nach Lersch[1]) enthalten gewisse wasserreiche Quellen in der Umgebung von Göttingen freie Gase mit 8—18% Sauerstoff, diejenigen dieser Quellen jedoch, welche weiter als die anderen durch ein Mergellager gehen können, enthalten auch weniger Sauerstoff, als die übrigen, weil sie durch Oxydation des in diesen Schichten vorhandenen kohlensauren Eisenoxyduls von der besagten Substanz abgeben. In einzelnen Mineralwassern ist mehr Sauerstoff im Verhältnis zum Stickstoff enthalten, als die Proportion beider Gasarten in der atmosphärischen Luft beträgt.

Freier Wasserstoff wurde zuerst in den Eruptionen der isländischen Geysire durch Bunsen[2]) nachgewiesen. Der Siedehitze besitzende Schlamm am Boden der Solfatara von Krisuvik auf der genannten Insel enthält 4.30 Teile dieses Gases auf 100 Teile seines Gewichts. Auch in den Exhalationen der Soffionis der Toscana ist der Nachweis für das Vorhandensein von freiem Wasserstoff durch Ste.-Claire Deville und noch andere Gelehrte erbracht worden[3]).

Schon im vergangenen Jahrhundert konnte Pearson das Vorkommen von freiem Stickstoff in der Quelle von Buxton zeigen[4]), wie denn auch seither eine Anzahl von Mineralquellen bekannt geworden sind, welche diese Substanz in unvermischtem oder fast unvermischtem Zustand ausströmen lassen, so beispielsweise sehr viele der pyrenäischen Schwefelthermen, ebenso die warmen Quellen von Landeck und Warmbrunn in Schlesien, von Pfäffers und Leuk in der Schweiz, von Gastein, von Baden-Baden, Wiesbaden und Aachen. Kältere, Stickstoff entwickelnde Quellen kennt man zu Porla in Schweden (hier mit Kohlensäure) 7.5° C., Sebastiansweiler 13.75° C., woselbst das Gas fast ganz rein ist, Liebenzell 18.75° C., Obersulz 23.75° C. u. s. f. In Teplitz beträgt der ausströmende Stickstoff dem Volumen nach in der Ausströmung nach

1) Einleitung in die Mineralquellenlehre, I, pag. 70.
2) Annales de chimie et de physique, 3. série, Bd. 38, pag. 264, 1855.
3) Daubrée, Eaux sousterraines, II, pag. 3.
4) Daubrée, loc. cit.

Ficinus 88—90 %, nach Wolf 86.8—95.6 % in den verschiedenen Quellen. „Man ist geneigt zu glauben", sagt Lersch[1]), „eine Quelle, welche reinen Stickstoff entwickelt, müsse mehr davon enthalten, als gewöhnliches Meteorwasser. Bedenkt man aber, daß die Wärme die Ausdehnung des Stickstoffs vermehrt und dessen Absorptionsfähigkeit dieser Ausdehnung entsprechend und noch mehr vermindert, so sieht man die Notwendigkeit einer Entwickelung von Stickstoff bei Wassern, welche in der Erde warm geworden sind, ein. Es ist darum nicht zu erwarten, daß zu jeder Zeit das Wasser gleichviel Gas mitbringe und entwickele, da die äußere Temperatur schon auf die Sättigung des Wassers Einfluß hatte, ehe es in die Erde zog[2])."

Ammoniak ist in den feuchten Emanationen verschiedener Vulkane vorhanden, und dessen Vorkommen wird zuweilen auch in industrieller Beziehung ausgebeutet (Volcano). Noch andere Verbindungen des Stickstoffes sind in den verschiedentlichsten gewöhnlichen und Mineralquellen nachgewiesen worden.

Schwefel wird durch eine Reihe von Quellen, teils in freiem Zustande, teils an organische Stoffe gebunden, zu Tage gebracht. Barège, Aix in Savoyen, Aachen-Burtscheid, Baden im Aargau, Baden bei Wien, Abano und Monte Irone in den euganäischen Bergen, Sergiewsk in Rußland und noch andere mehr gehören hieher. In den Quellfassungen und Wasserleitungen der Schwefelquellen ist ein Absatz von Schwefel über dem Wasserspiegel eine sehr gewöhnliche Erscheinung, und zuweilen findet man in solchen Leitungen ganze Zentner davon abgeschieden. Als man 1808 das Gewölbe über der Kaiserquelle in Aachen öffnete, fand man die ganze Fläche teils mit schönen Schwefelkrystallen, teils mit mehr oder weniger formlosen Massen dieser Substanz überdeckt, im ganzen über 100 Pfund Schwefel. Eine 6 Pfund schwere, krystallinisch entwickelte Säule ganz reinen Schwefels wurde behutsam abgelöst und ins Museum nach Paris gesandt[3]).

---

[1]) loc. cit., pag. 73.

[2]) Karl von Than hat in neuerer Zeit auch in einigen Schwefelwassern, Kohlenoxysulfid nachgewiesen, u. z. in der Therme von Harkany und in der kalten Quelle von Parad in Ungarn. Er hält dieses Gas für ungemein verbreitet in der Natur; Wasser zersetzt dasselbe aber außerordentlich leicht zu Kohlensäure und zu Schwefelwasserstoff, und so ist es denn nach dem Genannten wahrscheinlich, daß das Gas mit diesen Zersetzungsprodukten verwechselt wurde (Annalen f. Chemie u. Pharmazie, Supplbd. V, pag. 236—247).

[3]) Lersch, loc. cit., pag. 173.

Die Vulkane, deren Thätigkeit allmählich im Nachlassen begriffen ist, und insbesondere die Solfataren, exhalieren bekanntlich Schwefelwasserstoff, zuweilen in beträchtlichen Mengen. Unterschweflige Säure, schweflige Säure und Schwefelsäure sind in Quellwassern nachgewiesen. So sollen nach Harleß[1]) gewisse italienische Mineralquellen, u. a. die Aqua Pisciarelli, eine Therme, die kalten Quellen von Latera a Mulino u. s. f. freie Schwefelsäure enthalten.

Wie Lersch bemerkt, kann man im allgemeinen annehmen, daß der Schwefel der Mineralquellen (außer dem in den Sulfaten enthaltenen) nicht in der Form eines Gases, sondern mit einer Basis verbunden sich als Schwefelmetall in Auflösung befindet.

Eine seltene Substanz in Mineral- und anderen Quellen ist das Selenium. Chlor in freiem Zustande ist darin noch nicht gefunden worden, allein in der Gestalt des Chlorwasserstoffs und anderer Verbindungen zeigt sich dieses Element in vielen Quellwassern. Chlorwasserstoff tritt besonders in solchen Quellen auf, welche in der Nähe von Vulkanen entspringen, und ist ein stetiger Begleiter der aus diesen Feuerbergen emanierenden Wasserdämpfe.

Brom zeigt sich in vielen Mineralquellen, wenn auch in sehr verschiedenen Dosen (Selters, Homburger Badequell, Aachen, Sultzbad, Bourbonne-les-Bains u. s. f.). Das bromhaltige Kochsalzwasser der Adelheidsquelle von Heilbrunn bei Tölz in Oberbayern enthält 0.0589 gr Bromnatrium im Liter. Marchand, Buchner und Hausmann haben sich um die Ermittelung dieses Elementes in den Mineralwassern besonders verdient gemacht.

Jod scheint, wenn auch meist in ganz minimalen Mengen, allgemeinere Verbreitung in den Quellwassern zu haben. Chatin hat dessen Vorhandensein in einer großen Anzahl süßer Quellen, in den Atmosphärilien, im Boden, in vielen Pflanzen und Tieren nachzuweisen vermocht. Ganz besonders reich an Jod sind die Gewässer einiger Flüsse, so der Seine, der Loire, der Themse, der Elbe, der Newa u. s. f. Die Schwefelquellen von Challes in Savoyen, deren Wasser besonders in Aix-les-Bains getrunken wird, enthalten 0.015 gr Jodkalium im Liter, und die schon erwähnte Adelheidsquelle von Heilbrunn führt 0.031 gr Jodnatrium im gleichen Maße.

Fluor. Zuerst von Berzelius im Karlsbader Sprudel ermittelt. Nach dem Genannten enthält das Wasser dieser Therme

[1]) Die Heilquellen und Kurbäder Italiens, 1848 (fido Lersch).

0.00.320 Teile Fluorcalcium in 1000 Teilen Wasser. Später ist Fluor als Bestandteil mancher anderer Mineralquellen nachgewiesen worden (Plombières, Vichy, Kestenholz im Elsaß, Aachen, Ems, Selters u. s. f.).

Phosphor. In den gewöhnlichen Quellen sowohl, als auch in den Mineralquellen sehr verbreiteter Bestandteil und darin meist in der Gestalt des Natron-, Kalk- oder Thonerdephosphats enthalten, wenn auch nur in geringen Mengen. Lersch betont, daß die Karlsbader Wasser mit 1 Teil phosphorsaurer Thonerde auf 3 Millionen Teile Wasser seit Adams Zeiten etwa die Menge Phosphorsäure geliefert haben könnten, welche in den Knochen von 50 000 Menschen steckt[1]).

Auch Arsen ist in den Quellen nicht selten, und Blondeau hat sogar behauptet, daß alle nur etwas kräftigen Mineralwasser Arsen (besonders als Schwefelarsenik) enthalten. Die Thermen von Bourboule im Puy de Dôme, so die Quelle Perrière, sollen nach neueren Analysen von Riche 0.0098 gr arsenige Säure im Liter enthalten.

Bor in der Gestalt der Borsäure zeigt sich bekanntlich in den Exhalationen der Soffionis in der Toscana und der Solfatara von Volcano auf den Liparen in größerer Menge. Als Borat findet sich dieses Element in den verschiedentlichsten Quellwassern. Daubrée erwähnt der Albulae-Quellen bei Tivoli in der Nähe Roms mit 0.270 gr Bornatrium im Liter. Diese Quellen haben eine Ergiebigkeit von 271 065 Liter pro Tag, würden also täglich 39 kg Borsäure produzieren und jährlich 14235 kg.

Ebenso gehört das Silicium in der Form der Kieselsäure zu den allerhäufigsten Bestandteilen der Quellwasser. Es giebt solche, welche nur ganz minimale Spuren von Silicium aufweisen (0.000014 $^0/_{00}$), und wiederum andere, welche sehr reich an diesem Elemente sind (z. B. die Quellen von Amélie-les-Bains und von Le Vernet in den Pyrenäen). Von den durch ihren großen Reichtum an Kieselsäure und ihre Absätze dieses Stoffes berühmten Quellen war schon im Kapitel 7 und in einer der Beilagen hiezu (Nr. 2) die Rede. Nach dem Magister Carl Schmidt in St. Petersburg enthalten die folgenden Quellen von dieser Substanz im Liter:

---

[1]) loc. cit., pag. 213.

Geyser der Te Tarata auf Neuseeland . .	0.60
Großer Geysir auf Island	0.51
Badhstofa auf Island	0.24
Skribla, ebendaselbst	0.17
Javina auf Kamtschatka, Quelle A	0.205
„ „ „ Quelle B	0.185
Banua, ebendaselbst	0.174
St. Nectaire in Frankreich, Puy de Dôme .	0.13
Châtel Guyon, ebendaselbst	0.11
La Bourboule, ebendaselbst	0.10
Royat, ebendaselbst	0.10
Burtscheid	0.7
Sprudel zu Karlsbad	0.7
Hammam-Meskutin, Provinz Constantine, Algerien	0.7
Vichy, puits carré	0.7
Kaiserquelle zu Aachen	0.7
Plombières in den franz. Vogesen	0.6
Kochbrunnen zu Wiesbaden	0.6
Bagnères-de-Luchon, Pyrenäen	0.6
Wildbad Gastein	0.5
Rachmanow im Altaï	0.5
Aix-les-Bains in Savoyen	0.5
Ems, neue Quelle	0.5
Reykjawik auf Island, Solfatara	0.4
Schlangenbad	0.3.

Kohlenstoff. Als Kohlenwasserstoff aus dem Erdinnern hervortretend, zuweilen mit Quellen zusammen. In den Salsen der Umgebung von Baku, Italiens, in China (Provinz Ou-Tou-Kiao), woselbst über 10000 Rohrbrunnen vorhanden sein sollen, die neben Salzwasser ein brennbares Gas ergeben[1]). Dann in einigen Mineralquellen, so in denjenigen von Aachen nach Bunsen und J. von Liebig. Des eigentümlichen Absatzes von Kohlenstoff an den Gewölben der Hauptquellen zu Baden-Baden ist schon in Kapitel 7, Beilage 2, Erwähnung gethan worden. Auch Bitumen als Beimengung von Quellwassern ist bekannt geworden (Vichy). Über die mit den Quellen austretende Kohlen-

[1]) Lersch, loc. cit., pag. 95, u. Lersch, Hydrophysik, pag. 236. (Der Genannte citiert als seine Quellen: Annales de la propagation de la foi; Lyon, 1829, Januar; Poggendorffs Annalen, XVIII, pag. 664 u. f. f.)

säure haben wir schon in der Einleitung einiges gesagt. Es dürfte überhaupt kaum ein Quellwasser auf Erden vorkommen, das nicht wenigstens Spuren von dieser Substanz enthielte. Hier eine kleine Zusammenstellung einiger Säuerlinge in betreff ihres Gehaltes an Kohlensäure[1]):

In 1000 Kubikcentimeter Wasser:

Gießhübel	1539	Kubikcentimeter	Kohlensäure
Geilnau	1468	"	"
Bilin	1337	"	"
Teinach	1235	"	"
Vals	1039	"	"
Oberbrunnen, Salzbrunn	985	"	"
Vichy	967	"	"
Salzbrunn	946	"	"
Fachingen	945	"	"
Preblau	637	"	"
Neuenahr	498	"	"

Kalium zeigt sich als Chlorkalium, Bromkalium, Jodkalium, Fluorkalium, als Sulfat u. s. f. in den Quellwassern. Ob aber diese Verbindungen thatsächlich in den letzteren bestehen, oder ob deren Natur nicht eine etwas hypothetische und das Kalium in anderer Form im Wasser gelöst ist, das ist noch unbestimmt.

Natrium ist ein in fast allen Quellen vorhandenes Element, einerlei welcher Gruppe dieselben auch angehören, und, wie Daubrée bemerkt, wenn in einzelnen Wasseranalysen ein Gehalt an Natrium nicht angegeben ist, so ist dies wohl nur darum, weil derselbe nicht richtig beachtet wurde. Die Verbindungen des Natrium mit Chlor als Chlornatrium in den Kochsalzquellen, mit Schwefel als Schwefelnatrium in gewissen Schwefelkochsalzwassern, dann als Sulfat, Carbonat und Borat in den Quellwassern sind als bestimmt anzusehen, ob aber die in manchen Analysen angegebenen Verbindungen dieses Elements mit Brom, Jod, Fluor u. s. f. zu Bromnatrium, Jodnatrium, Fluornatrium u. s. f. wirklich als solche in den betreffenden Wassern vorhanden sind, oder ob das darauf bezogene Natrium nicht in anderer Form in der Lösung auftritt, das ist nicht minder zweifelhaft, als bei den ähnlichen hypothetischen Verbindungen des Kali.

---

[1]) Der Curort Bilin, Biliner Sauerbrunnen. In kurzgedrängter Darstellung, Bilin, 1879, pag. 30.

Gehalt auf 1000 Teile Wasser an doppeltkohlensaurem Natron (wasserfrei berechnet[1]).

Mineralquelle zu Fachingen	3.5786
Kaiser-Friedrich-Quelle (Natronlithionquelle), Offenbach	2.4386
Oberbrunnen zu Salzbrunn	2.1522
Emser Kränchen	1.9790
Wilhelmsquelle (Natronlithionquelle) zu Ems	1.9569
Natronlithionquelle zu Weilbach	1.3589
König Otto-Quelle zu Gießhübel	1.2623
Quelle zu Niederselters	1.2366
Quelle zu Neuenahr	1.0500
Kronquelle zu Salzbrunn	0.7792
Karlsbad-Dorotheenau	1.2005
Karlsbad-Sprudel	1.8612
Kalter Sprudel zu Franzensbad	0.9340

Gehalt auf 1000 Teile Wasser an schwefelsaurem Natron (wasserfrei berechnet).

Oberbrunnen zu Salzbrunn	0.4594
Kaiser Friedrich-Quelle (Natronlithionquelle), Offenbach	0.4249
Natronlithionquelle zu Weilbach	0.2236
Kronenquelle zu Salzbrunn	0.1801
Quelle zu Neuenahr	0.1125
König Otto-Quelle zu Gießhübel	0.0490
Emser Kränchen	0.0335
Wilhelmsquelle (Natronlithionquelle) zu Ems	0.0184
Karlsbad-Dorotheenau	1.6515
Karlsbad-Sprudel	2.4053
Bertrich	0.9209
Kalter Sprudel zu Franzensbad	3.5060

Gehalt auf 1000 Teile Wasser an Chornatrium.

Mineralquelle zu Niederselters	2.3346
Natronlithionquelle zu Weilbach	1.2588
Kaiser Friedrich-Quelle (Natronlithionquelle), Offenbach	1.1984
Emser Kränchen	0.9832
Wilhelmsquelle (Natronlithionquelle) zu Ems	0.9746
Mineralquelle zu Fachingen	0.6319

[1]) Nach Alwin Goldberg, Die natürlichen und künstlichen Mineralwässer. Weimar 1892, pag. 5 ff.

Oberbrunnen zu Salzbrunn	0.1766
Quelle zu Neuenahr	0.0907
Kronenquelle zu Salzbrunn	0.0590
König Otto-Quelle zu Gießhübel	0.0400
Karlsbad-Dorotheenau	0.7202
Karlsbad-Sprudel	1.0418
Kalter Sprudel zu Franzensbad	1.1200

Lithium. In den Mineralwassern Böhmens, von Berzelius 1824 entdeckt, später durch weitere Untersuchungan Buchners, Monheims, Steinmanns und anderer Chemiker in einer größeren Anzahl von Quellen nachgewiesen, wenn auch stets in nur kleinen Mengen. So beträgt das Quantum Lithium in den Biliner Mineralquellen etwa $^1/_{222}$—$^1/_{272}$ vom Gehalt an Natrium, und im Mineralwasser von Karlsbad etwa $^1/_{421}$ dieses letzteren Elements, also ca. 2.3 Centigramm auf 500 Gramm Wasser. Zu den an Lithium sehr reichen Mineralquellen gehört die Bonifaziusquelle in Salzschlirf in Hessen-Nassau, die angeblich 0.21 gr Chlorlithium im Liter Wasser enthalten soll, während nach den Analysen von Poleck in Breslau die Kronenquelle zu Obersalzbrunn in Schlesien im Liter Wasser etwa 2.336 Fixa, und davon 0.011 gr Lithiumbicarbonat führt[1]).

Gehalt auf 1000 Teile Wasser an doppeltkohlensaurem Lithion (wasserfrei berechnet).

Therme zu Aßmannshausen	0.0278
Kaiser Friedrich-Quelle (Natronlithionquelle), Offenbach	0.0200
Oberbrunnen zu Salzbrunn	0.0130
Wilhelmsquelle (Natronlithionquelle) zu Ems	0.0100
Kronenquelle zu Salzbrunn	0.0099
Natronlithionquelle zu Weilbach	0.0094
König Otto-Quelle zu Gießhübel	0.0093
Mineralquelle zu Fachingen	0.0072
Mineralquelle zu Niederselters	0.0050
Emser Kränchen	0.0040
Karlsbad-Dorotheenau	0.0164
Karlsbad-Sprudel	0.0226
Elster-Salzquelle (eisenh. alkal. Glaubersalzsäuerling)	0.0264

[1]) Flechsig, Bäder-Lexikon. 2. Aufl. (Leipzig, J. J. Weber) pag. 559.

Rubidium. Spuren davon in einigen Mineralquellen (Baden-Baden und Dürkheim a. d. H.); ebenso selten ist sein Begleiter, das Cäsium, das in noch geringeren Mengen sich findet. Das Thallium ist bisher nur in Emanationen der Solfatara von Volcano nachzuweisen gewesen.

Strontium. Seltener als Chlorür, meist als Bicarbonat in sehr vielen Mineralquellen, stets aber in ungemein geringen Mengen. Gewisse Wasser enthalten davon bis 0.35 gr pro Liter. Zu den bedeutenderen Strontium führenden Quellen sind zu rechnen: Kissingen, Wildegg im Aargau, die Elisenquelle zu Kreuznach, die Adelheidsquelle in Heilbrunn bei Tölz, das Emser Kränchen, der Marienbader Kreuzbrunnen u. s. f.

Barium. Ebenfalls als Chlorür und als Bicarbonat in vielen Brunnen nachgewiesen, als Chlorür wahrscheinlich in den an Kohlensäure ärmeren Quellen. Die Mineralwasser von Kreuznach, Ems, von Heilbrunn, Pyrmont, Wiesbaden, Fachingen u. s. f. enthalten Barytsalze. In den Absätzen der Quellen von Luxeuil beträgt das Quantum Baryt $^9/_{200}$.

Calcium. Wie wir schon früher betonten, dürfte es auf Erden kaum eine Quelle geben, die nicht etwas dieses Elementes enthielte. Siehe darüber das 7. Kapitel dieses Buch und die hiezu gehörige Beilage 2. Daß die Menge des im Quellwasser gelösten Kalksulfats diejenige des Kalkcarbonats bisweilen übersteigt, das wurde ebenfalls schon gebührend hervorgehoben. Chlorcalcium ist in gewissen Quellen zuweilen in überraschend großer Menge vorhanden, so im Wasser der Therme von Cauquenes in Chile, welche 2.17 gr dieser Substanz im Liter enthält. Der Gehalt von Chlorcalcium in Mineralquellen der Fidji-Inseln soll sogar 3.65 gr im Liter betragen. Fluorcalcium zeigt sich ebenfalls in bestimmten Brunnen (Karlsbad, Plombières). Der Gehalt einiger wichtiger erdigen oder kalkhaltigen Mineralquellen (siehe über diese Bezeichnung im folgenden Kapitel) pro Liter Wasser führen wir in der umstehenden, dem Werke von Flechsig: Bäder-Lexikon entnommenen Tabelle an[1]).

Magnesium. Über dieses Element, das zusammen mit dem Calcium und dessen Verbindungen im Quellwasser sehr häufig ist, haben wir an anderen Orten auch schon Mitteilungen gemacht (Kap. 7 und Beilage 2).

---

[1]) Leipzig, J. J. Weber. 2. Aufl.

Name der Quelle.	Temperatur in C.°	Kalk- und Magnesia-carbonat gr	Gips. gr	Freie Kohlensäure in Kubikctm.	Feste Bestandteile gr
Wildungen, Königsquelle .	10.0	2.23	unbest.	1322.0	3.79
Borszek, Ungarn	9.0	2.20	—	1569.5	3.19
Driburg, Hasterquelle . .	10.6	1.51	1.00	1043.0	2.72
Contrexéville, Vogesen, Frankreich, Papillonquelle	10.0	0.86	1.10	59.0	2.82
Ussat, Frankreich	39.0	0.67	0.19	16.5	1.22
Lippspringe, Arminiusquelle	21.1	0.61	0.82	646.0	2.40
Inselbad, Westfalen, Ottilienquelle	18.2	0.49	0.08	52.4	1.38
Szliács, Ungarn, Adamquelle	25.5	0.63	0.72	816.0	1.95
Vals, Ardèche, Frankreich	24.9	0.45	1.22	unbest.	2.05
Vittel, Frankreich	11.0	0.41	1.00	132.0	3.13
Pisa, Italien	53.0	0.36	1.13	—	2.35
Muri, Schweiz	10.1	0.36	—	226.6	0.42
Bristol, England	24.1	0.28	0.19	—	0.75
Nütihubelbad, Schweiz . .	10.0	0.26	—	0.14	0.31
Faulenseebad, Schweiz . .	11.0	0.26	0.14	2.0	1.78
Bormio, Italien	41.0	0.17	0.49	—	1.02
Nydelbad, Schweiz	12.5	0.17	—	unbest.	0.38
Bath, England	47.0	0.12	1.14	24.0	2.06
Skleno, Ungarn	52.0	0.10	2.64	827.0	3.43
Weißenburg, Schweiz . . .	26.0	0.07	0.95	53.0	1.39
Leuk, Schweiz	51.0	0.01	1.53	14.0	1.98

Eine Gruppe von Mineralwassern, die sogenannten Bitterwasser, sind geradezu bezeichnet durch ihren Gehalt an Magnesiasulfat zusammen mit schwefelsaurem Natron. Die nachstehenden Quellen enthalten davon pro Liter an Magnesiasulfat:

Gran in Ungarn	45.6 Gr.
Hunyadi-Janos, ebendaselbst	22.3 „
Birmenstorf in der Schweiz	21.1 „
Püllna in Böhmen	12.1 „
Saidschütz, ebendaselbst	10.9 „
Rehme in Westfalen	5.4 „
Mergentheim in Württemberg	2.5 „

In einigen Quellenabsätzen ist auch kohlensaure Magnesia nachgewiesen worden (Saint-Allyre in der Auvergne, Aix in der Provence, u. s. f.).

Eine seltene Substanz in den Mineralwassern ist das Aluminium, und dann nur in sehr geringen Mengen vorkommend (Saint-Nectaire in Frankreich 0.017—0.023 gr pro Liter). Als kieselsaure Thonerde ist das besagte Element in verschiedenen Quellenabsätzen nachgewiesen, so beispielsweise in Plombières im von Berthier „Halloysit" genannten Niederschlag, u. s. f.

Eisen. In den meisten Mineralquellen vorhandenes Element, wenn auch in sehr schwankenden, jedenfalls aber nie in größeren Mengen, meistens als Protoxyd, teilweise auch als Sesquioxyd, zuweilen auch in beiderlei Gestalt. In den sogenannten Eisenkarbonatquellen ist fast immer ein größeres Quantum von Eisen gelöst, als in den übrigen Mineralwassern. Man nimmt dann sein Vorhandensein in denselben als Eisenkarbonat an.

Gehalt an Eisenbikarbonat in Grammen auf ein Liter Wasser verschiedener Eisenkarbonatquellen [1]):

König Otto-Bad bei Wiesau in Bayern, Ottoquelle	0.79
Elöpatak in Siebenbürgen	0.29
Cudowa in Schlesien, Trinkquelle	0.11
Rippoldsau im Schwarzwald, Wenzelquelle	0.11
Homburg, Stahlbrunnen	0.10
Elster in Sachsen, Moritzquelle	0.08
Liebenstein in Thüringen	0.08
Schwalbach, Stahlbrunnen	0.08
Driburg, Westfalen	0.07
Pyrmont, Hauptquelle	0.07
Reinerz in Schlesien, laue Quelle	0.05
Franzensbad in Böhmen	0.04
Antogast in Baden, Trinkquelle	0.04
Petersthal in Baden	0.04
St. Moritz im Engadin, Paracelsusbrunnen	0.03
Liebwerda in Böhmen	0.03
Freienwalde in Brandenburg, Königsbrunnen	0.02
Brückenau in Bayern, Stahlquelle	1.01

Als Sulfat zeigt sich das Eisen in den sogenannten Eisenvitriolquellen [2]).

[1]) Unter Benutzung von Flechsig, Bäder-Lexikon.
[2]) Nach Flechsig, loc. cit.

In 1 Liter Wasser enthalten gr Eisenvitriol:

Parad in Ungarn, Alaunquelle	4.40
Hermannsbad bei Lausigk in Sachsen	4.18
Roncegno in Tirol	2.38
Muskau in Schlesien, Badequelle	0.75
" " Trinkquelle	0.19
Mittelbad in Südtirol	0.44
Ratzes, ebendaselbst	0.40
Alexisbad im Harz, Selkebrunnen	0.05
Levico in Südtirol	0.29

Quellenabsätze von kieselsaurem Eisen sind ebenfalls bekannt, auch in der Form von Arseniat, Phosphat u. s. f. soll Eisen in solchen Niederschlägen vorkommen. Kobalt, Nickel, Chrom, Vanadium[1], Zink, Antimon[2], Zinn[3], Titan[4], Cerium, Glucinium, Kupfer[5], Blei[6], Quecksilber[7], Silber[8], Gold[9], Molybdän, Uran, Tantal, Yttrium und Zirkonium sind weitere in verschiedenen Quellen nachgewiesene Elemente, die sich darin im allgemeinen nur in minimalen Quantitäten vorfinden, und auf welche wir hier nicht näher eingehen können. Alles in allem sind bisher 48 Elemente in den Quellwassern gelöst nachgewiesen worden[10].

---

1) In der Quelle von Bocklet in Bayern und von Stachelberg in Glarus (nach Daubrée).

2) In den Quellen von Mondorf in Luxemburg (0.001 gr arsenige Säure in 1 Liter), Pyrmont, Karlsbad, u. s. f.

3) In ungemein kleinen Mengen (Rippoldsau, Langenschwalbach, Mondorf, Kissingen, Brückenau, Alexisbad, u. s. f.).

4) U. a. im Mineralwasser von Karlsbad.

5) Zuerst 1825 von Struve im Mineralwasser von Selters nachgewiesen, seither in verschiedenen Quellen gefunden; kommt meist mit Arsenik zusammen in den Eisenwassern vor, aber in ungemein kleinen Quantitäten.

6) Ebenfalls in ganz kleinen Dosen (Kissingen, Ems, Homburg).

7) In den Geysiren Islands und anderen Thermen.

8) In den Quellen von Liebenstein und Ronneburg.

9) Leukerbad, Gießhübel, Karlsbad.

10) Die organischen, in Quellen öfters erscheinenden Stoffe, die z. B. in den Quellen von Baden im Aargau schon Scheuchzer aufgefallen sind, so die Baregine, das Glairin, das Theiothermin oder die Quellengallerte, Substanzen, welchen bisweilen besondere Heilkraft zugeschrieben wurde, berühren uns hier nicht, und deren Besprechung gehört nicht in den engen Rahmen dieses Buches. Näheres darüber ist u. a. zu finden in Lerschs Einleitung in die Mineralquellenlehre. Es sind, wie neuere Forschungen dargethan haben, Dinge, welche mehr in das Gebiet der Botanik gehören, und bei deren Bildung eine Alge, Leptomites sulfuraria, eine große Rolle zu spielen scheint.

Dreizehntes Kapitel.

Von der Gruppierung der Mineralquellen und historische Bemerkungen über den Gebrauch der Mineralwasser.

Gruppierung vom medizinisch-therapeutischen Standpunkte aus, nach der heutigen Gepflogenheit. Gruppierungen, die auf rein chemischen Prinzipien basieren, u. z. nach Daubrée und nach K. von Than. Geschichtliche Bemerkungen über den Gebrauch der Mineralquellen. Schluß.

Wir unterscheiden vom medizinisch-therapeutischen Standpunkte aus folgende Gruppen von Mineralquellen:

1. Die einfachen Säuerlinge, auch Anthrakokrenen genannt.

Bezeichnend dafür ist ein höherer Gehalt an Kohlensäure und Armut an festen Bestandteilen. Beispiele hiefür sind die Apollinarisquelle bei Ahrweiler (im Liter 1521 cm□ Kohlensäure und 0.9 gr Festes), die Carolaquelle bei Tarasp, Dizenbach in Württemberg, u. s. f.

2) Die alkalischen Quellen

mit höherem Gehalt an kohlensaurem Natron und freier Kohlensäure, unter Zurücktreten der übrigen Bestandteile (Kochsalz, schwefelsaures Natron und kohlensaures Lithium).

Die alkalischen Quellen zerfallen in drei Untergruppen, als:

a) Die alkalischen Quellen s. str., bei welchen das kohlensaure Natron das absolute Übergewicht hat. Beispiele dafür sind die Quellen von Bilin, von Fachingen, von Gießhübel, von Sultzmatt im Elsaß, u. s. f. Thermen dieser Zusammensetzung: Neuenahr (Sprudel), Vichy (Grande Grille 41° C.).

b) die alkalisch-muriatischen Quellen, mit wirksamen Mengen von Kochsalz neben den schon bei a) angeführten Bestandteilen. Beispiele: Emser Kränchen, Fürstenquelle, Römerquelle, Kesselbrunnen, u. s. f. ebenda, Selters.

c) alkalisch-salinische oder alkalisch-sulfatische Quellen, Glaubersalzquellen, z. T. mit wirksamen Mengen von schwefelsaurem Natron (Glaubersalz), neben den schon erwähnten Bestandteilen. Beispiele: Elster in Sachsen, Ferdinandsbrunnen und Kreuzbrunnen in Marienbad, Salzquelle von Franzensbad, Bonifacius- und Luciusquelle in Tarasp. Thermen: Mühlbrunnen und Sprudel in Karlsbad.

3. Die Eisenquellen.

Sehr kleine Mengen von Eisen sind auch in den vorgenannten Quellen enthalten. Wenn aber der Eisengehalt, meist doppeltkohlensaures Eisenoxydul, bis zu einem gewissen Grade steigt, so daß er sich z. B. durch tintenhaften Geschmack verrät, oder wenn das Wasser Eisenocker beim Stehen abscheidet, so nennt man die betreffenden Quellen Eisen- oder Stahlwasser, Eisensäuerlinge, u. s. f. Wir unterscheiden folgende Untergruppen:

a) Eisensäuerlinge, mit wenig Festem, darunter aber doppeltkohlensaures Eisenoxydul als Charakteristicum. Beispiele: Alexandersbad im Fichtelgebirge, Stahlquelle in Brückenau, Schwalbach, Spaa, u. s. f.

b) alkalische und alkalisch-salinische Eisensäuerlinge. Neben den genannten Bestandteilen sind in diesen Quellen noch wesentlich vorhanden: doppeltkohlensaures und schwefelsaures Natron, resp. Kochsalz. Beispiele: Charlottenbrunn, Cudowa, St. Moritz in der Schweiz.

c) erdig-salinische Eisensäuerlinge. Zu den Bestandteilen der Gruppen 3^a und 3^b treten noch hinzu die Sulfate und Bikarbonate, zuweilen auch die Chloride des Kalks und der Magnesia. Beispiele: Bocklet bei Kissingen, Driburg in Westfalen, die Schwarzwaldbäder Griesbach und Rippoldsau, Pyrmont, Schuls im Engadin, Wildungen.

In den eben aufgeführten Untergruppen der Gruppe 3 ist das Eisen als doppeltkohlensaures Eisenoxydul vorhanden. Zuweilen ist es aber auch im Quellwasser als Sulfat vorhanden. In solchen Fällen redet man von schwefelsauren Eisenquellen oder von Vitriolwassern. Hiezu gehören die weiteren Untergruppen:

d) Eisenwasser mit schwefelsaurem Eisenoxydul. Beispiele: die berühmten Tirolerbäder Mitterbad im Ultenthale und Ratzes am Schlern, Levico im Val Sugana, u. a. m.

e) Eisenwasser mit schwefelsaurem Eisenoxyd (an der Quelle!). Daneben in meist geringeren Mengen schwefelsaures Eisenoxydul, Gips, schwefelsaure Thonerde, u. s. f. Beispiele: Roncegno bei Borgo in Südtirol, Parad in Ungarn, Alaunquelle, u. s. f.

In manchen Eisenwassern findet sich auch Mangan in nachweisbaren oder sogar zuweilen bestimmbaren Mengen, ebenso Arsen als arsenig- oder arsensaures Salz.

Tabelle zur Vergleichung des Eisen- und Arsengehalts einiger als arsenhaltig allgemein bekannten Quellen auf 1000 Teile.

(Nach Goldberg[1]) und Raspe.)

	Arsensaures Natron	Doppelt-kohlensaures Eisenoxydul	Schwefels. Eisen-oxydul
Baden-Baden, Büttquelle	0.0004 gr	0.0019 gr	—
„ „ Fettquelle	0.0007 „	0.0015 „	—
„ „ Hauptquelle	0.0007 „	0.0005 „	—
„ „ Murrquelle	0.0007 „	0.0003 „	—
Burtscheid, Mühlenbendquelle	Spur	0.0005 „	—
Cudowa, Gasquelle	0.0019 „	0.0400 „	—
„ Oberbrunnen	0.0010 „	0.0282 „	—
Kronthal in Nassau, Stahlquelle . . .	0.0004 „	0.0040 „	—
Levico, Badewasser	0.0015 „	— „	4.9359
„ Trinkwasser	0.0016 „	0.1280 „	0.4867
Liebenstein, Neue Quelle	0.0007 „	0.0812 „	—
Lobenstein, Wiesenquelle	0.0054 „	0.0570 „	—
Nauheim, Friedrich Wilhelm-Sprudel .	0.0002 „	0.0495 „	—
„ Kurbrunnen Nr. VIII . . .	0.0001 „	0.0337 „	—
„ Sprudel	0.0003 „	0.0318 „	—
Oeynhausen, Bülowbrunnen, leichte Sole	0.0002 „	0.0441 „	—
„ „ schwere Sole	0.0001 „	0.0993 „	—
„ Thermalsole, Bohrloch I . .	0.0002 „	0.0574 „	—
Reinerz, Kalte Quelle	0.0002 „	0.0133 „	—
„ Laue Quelle	0.0002 „	0.0375 „	—
„ Ulrikenquelle	0.0002 „	0.0529 „	—
Soden, Taunus, Solbrunnen IV . . .	0.0002 „	0.0210 „	—
Wiesbaden, Kochbrunnen	0.0002 „	0.0178 „	—

4. Die Kochsalzquellen, oder Halopegen, oder Halothermen.

Der die Halopegen und die Halothermen auszeichnende Bestandteil ist das Chlornatrium. Daneben kommen aber noch andere Chlorverbindungen vor, als Chlorcalcium, Chlorkalium, Chlormagnesium, Chlorlithium, dann, wenn auch meist nur in geringerer Menge, schwefelsaures und kohlensaures Natron, schwefelsaurer und kohlensaurer Kalk, schwefelsaure und kohlensaure

[1]) Die natürlichen und künstlichen Mineralquellen, pag. 10.

Magnesia, kohlensaures Eisen, etwas Kohlensäure und in gewissen Kochsalzquellen noch Jod und Brom, meist in Verbindung mit Natrium und Magnesium. Manche Kochsalzquellen enthalten auch freie Kohlensäure (Kochsalzsäuerlinge), einige Schwefelwasserstoff und Stickgas. Die Quellen sind von sehr verschiedener Temperatur, teils eiskalt, teils Thermen. Man unterscheidet:

a) einfache Kochsalzquellen, kalt oder Thermen, teils natürlich vorkommend, teils jedoch künstlich erbohrt und von den Solen (4[c]) nur durch den geringeren Gehalt an Chlornatrium verschieden. Beispiele: Berg und Cannstatt bei Stuttgart, Homburg vor der Höhe, Kissingen, Soden am Taunus, u. s. f. Thermen: Baden-Baden, Hubbad bei Baden-Baden, Oeynhausen, Soden am Taunus (Thermalsolquelle), Wiesbaden.

b) jod- und bromhaltige Kochsalzquellen, kalt oder Thermen. Die Brom-[1]) und Jodverbindungen dieser Quellen teils als Jodnatrium, Bromnatrium oder Brommagnesium, auch als Jodmagnesium, noch seltener als Bromkalium und Bromcalcium bestimmt, Kochsalzgehalt bald höher, bald niedriger. Beispiele: Adelheidsquelle bei Heilbrunn, Tölz, Dürkheim (Rheinpfalz), Salzschlirf bei Fulda, u. s. f. Thermen: Salies de Béarn und Bourbonne-les-Bains in Frankreich, Münster am Stein, Warmbrunn im Riesengebirge, u. s. f.

c) Solen. Kochsalzquellen, deren Gehalt an Chlornatrium mindestens 1.5% beträgt. Kochsalzquellen können durch künstliche Erhöhung des Chlornatriumgehalts vermittelst des Vorgangs der Gradierung zu Solen gestempelt werden. Die echten Solen sind zu allermeist kalte Quellen. Beispiele: Aibling in Oberbayern, Arnstadt in Schwarzburg-Sondershausen, Berchtesgaden in Oberbayern, Hall in Tirol, Hall und Jagstfeld in Württemberg, Kreuznach, Rheinfelden bei Basel, Suderode am Harz, Salzungen bei Meiningen, u. s. f.

d) Kohlensaure Kochsalzthermen. Beispiele: Der Kurbrunnen und der Friedrich Wilhelms-Sprudel in Nauheim, der Solbrunnen und der Milchbrunnen zu Soden am Taunus, Mondorf in Luxemburg, u. s. f.

---

[1]) Der so oft gepriesene Bromgehalt der Quellen ist nach Leichtenstern durchaus irrelevant in therapeutischer Beziehung. „Und nicht viel besser geht es mit dem Jodgehalt, der auch in den ‚stärksten Jodquellen' ein nur so geringer ist, daß der Aberglaube eines Homöopathen dazu gehört, um an die Jodwirkung dieser Quellen zu appellieren." Balneographie, 1880, pag. 341—42.

Vergleichung einiger Kochsalzwasser betreffs des Gehalts an Chlornatrium, Bromnatrium, Jodnatrium, auf 1000 Teile.

(Nach Goldberg.)

	Chlor-natrium	Brom-natrium	Jod-natrium
Kissingen, Rakoczy	5.8221	0.0084	—
„ Sole	10.5487	0.0097	—
Pyrmont, Hauptquelle	0.1589	Spur	—
Soden, Solbrunnen	14.2328	—	—
„ Warmbrunnen	3.4258	—	—
Baden-Baden, Hauptstollenquelle	2.0104	0.0060	—
Wiesbaden, Kochbrunnen	6.8290	0.0044	Spur
„ Schützenhofquelle	5.1540	0.0025	Spur
Dürkheim, Solquelle	12.6990	0.0192	—
Elmen, Badequelle	48.979	0.658	—
„ Trinkquelle	26.440	0.211	—
„ Sole 3	104.040	unbestimmt	—
„ Sole 4	44.440	unbestimmt	—
Luhatschowitz, Louisenquelle	4.3567	0.0116	0.0237
„ Vincentiquelle	3.0602	0.0333	0.0173
Nauheim, Salzbrunn Nr. IX	18.4330	0.0582	—
Oeynhausen, Bülowbrunnen, leichte Sole	35.8909	0.0087	Spur
„ „ schwere Sole	82.6887	0.0112	—
Reichenhall, Edelsole	225.9698	0.0320	—

5. Die Bitterwasser.

Kalte Quellen von unangenehmem, bitterm Geschmack, die in größeren oder geringeren Quantitäten Bittersalz, also schwefelsaure Magnesia, Glaubersalz, also schwefelsaures Natron, dann Chlornatrium, Chlormagnesium, Kalksulfat, kohlensaure und salpetersauere Magnesia enthalten. Ihrer aperitiven Wirkungen wegen sind die Bitterquellen sehr geschätzt. Beispiele: Hunyadi-Janosquelle bei Buda-Pest, Franz Josef-Bitterquelle in Buda-Pest, Mergentheim in Württemberg, Püllna, Saidschitz, u. s. f.

Hauptbestandteile einiger Bitterwasserquellen (nach Flechsig).

In einem Liter Wasser sind enthalten:

Namen der Quellen	Schwefelsaure Magnesia	Schwefelsaures Natron	Schwefelsaurer Kalk	Chlornatrium	Chlormagnesium
Franz Josef-Quelle in Buda-Pest	24.8	23.2	1.3	—	—
Hunyadi-Janos bei Buda-Pest	22.3	22.5	—	1.3	—
Birmensdorf in der Schweiz . .	21.1	6.7	0.4	—	—
Püllna in Böhmen	12.1	16.1	—	0.3	—
Saidschitz in Böhmen	10.9	6.1	1.3	—	0.3
Friedrichshall	5.1	6.0	1.3	7.9	3.9
Mergentheim in Württemberg .	2.5	3.7	—	13.4	—
Großenlüder in Hessen	1.3	—	—	15.4	—

6. Die alkalisch-erdigen Quellen.

Als Hauptbestandteile Kalkkarbonat oder Kalksulfat, bisweilen auch Magnesiakarbonat führende Quellen, mit geringeren Mengen von Chlornatrium, Chlormagnesium oder auch Chlorcalcium, und von Magnesia- und Natronsulfat. Einige dieser Quellen besitzen einen hohen Gehalt an Kohlensäure, andere jedoch, so besonders die gipshaltigen Wasser, sind an diesem Gase arm. Beispiele: Boll im badischen Schwarzwald, Faulenseebad, Schweiz, Fideris, ebendaselbst, Königsquelle in Wildungen, u. s. f. Thermen: Weißenburg und Leuk in der Schweiz, Bath in England, Lippspringe in Westfalen, Bormio am Stilfser Joch, Ussat in Frankreich, Skleno in Ungarn, u. s. f.

7. Die Schwefelquellen.

Bezeichnend für den Charakter dieser Gruppe sind freier Schwefelwasserstoff, oder Sulfide der Alkalien, des Kalks oder der Magnesia. Daneben finden sich noch öfters die Sulfate und die Karbonate der Alkalien und der Erdalkalien, Chlornatrium, Chlormagnesium, kohlensaures Eisenoxydul, auch Brom- und Jodalkalien. Als Gase sind nachgewiesen die Kohlensäure (häufig) und Kohlenoxysulfid (seltener). Die Schwefelquellen sind teils kalt, teils Thermen. Ihr Gehalt an Schwefelwasserstoff schwankt von den einfachen Spuren dieses Stoffes bis zur Menge von 42 Kubikcentimeter im Liter Wasser. Auch Schwefelnatrium

kommt nur in verhältnismäßig geringen Mengen darin vor und erreicht in den Schwefelthermen von Luchon in Frankreich sein Maximum mit 0.07 gr pro Liter. „Aus diesem Gehalt an Schwefelwasserstoff und an Schwefelverbindungen“, sagt Flechsig, „leitete man den Wert der Schwefelwasser ab. Von den geringen Mengen dieser Stoffe erwartete man auch nur geringe Wirkungen, und nachdem das in früherer Zeit hellleuchtende Gestirn des Schwefels untergegangen war, begann man den Schwefelquellen als solchen ihren therapeutischen Wert abzusprechen und nur die Nebenbestandteile, die allerdings quantitativ meist prävalieren, als die eigentlich wirksamen Kräfte zu bezeichnen, bis Reumont für den unterdrückten Ruf dieser Wässer eine Lanze brach und denselben wenigstens einigermaßen wiederherstellte.“

Beispiele: Alveneu in der Schweiz, Eilsen in Schaumburg-Lippe, Gurniglbad in der Schweiz, Heustrich am Niesen, ebend., Kreuth in Oberbayern, Langenbrücken in Baden, Leuk im Obersimmenthal (Schweiz) Stachelberg in Glarus, ebend. (alkalische Schwefelquelle), Weilbach in Nassau, u. s. f. Thermen: Allevard-les-Bains in Frankreich, Aachen, Aix-les-Bains in Savoyen, Amélie-les-Bains in den Pyrenäen, Baden bei Wien, Baden in der Schweiz (chlornatriumhaltige Schwefeltherme), Lavey im Waadtland, Mehadia in Ungarn, Schinznach in der Schweiz, St. Sauveur in Frankreich, u. a. m.

Zusammenstellung einiger der wichtigeren Schwefelthermen in betreff ihrer charakteristischen Bestandteile (nach Flechsig).

In einem Liter Wasser sind enthalten:

Name der Quellen	Temperatur °C.	Schwefelnatrium gr	Schwefelcalcium gr	Natronsulfat gr	Kalksulfat gr	Chlornatrium gr	Schwefelwasserstoff. Kubikcmtr.	Schwefelwasserstoff in 100 Kubikcmtr. Gasmenge
Aachen, Kaiserquelle	55.0	0.01	—	0.27	—	2.53	—	0.31
Aix-les-Bains, Savoyen . .	43.5	—	—	0.03	0.09	0.03	2.23	—
Baden in der Schweiz . . .	50.0	—	—	0.28	1.35	1.62	—	0.06
Burtscheid, Victoriaquelle . .	60.0	0.001	—	0.27	—	2.67	—	—
Lavey in der Schweiz . . .	45.0	—	—	0.70	0.09	0.36	3.5	—
Mehadia in Ungarn	44.0	0.08	—	—	—	3.82	—	—
St. Sauveur in Frankreich	34.0	0.02	—	0.04	—	—	nicht bestimmt	—
Schinznach in der Schweiz .	36.0	—	—	1.23	0.15	—	135.9	—

Analyse der Schwefelthermen zu Aachen (nach J. v. Liebig).

(Nach A. Goldberg: Die nat. u. künstl. Mineralwasser.)

	Kaiser-quelle[1])	Cornelius-quelle	Rosen-quelle		Kaiser-quelle	Cornelius-quelle	Rosen-quelle
Chlorkalium	—	—	—	Kohlensaurer Kalk	0.1580	0.1318	0.1838
Jodnatrium	0.0005	0.0005	0.0005	Kohlensaures Strontian	0.0015	0.0002	0.0004
Bromnatrium	0.0035	0.0035	0.0035	Kohlensaurer Baryt	—	—	—
Chlormagnesium	—	—	—	Kohlensaurer Mangan	Spur	Spur	Spur
Schwefelnatrium	0.0095	0.0054	0.0579	Phosphorsaures Natron	—	—	—
Calciumsulfhydrat	—	—	—	Phosphorsaures Eisenoxydul	0.0005	0.0058	0.0058
Chlornatrium	2.6400	2.4650	2.8565	Phosphorsaure Thonerde	—	—	—
Schwefelsaures Kali	0.1520	0.1567	0.1539	Phosphorsaurer Kalk	—	—	—
Schwefelsaures Natron	0.2830	0.2827	0.2832	Thonerde	—	—	—
Schwefelsaure Magnesia	—	—	—	Kieselsäure	0.0660	0.0596	0.0579
Schwefelsaurer Kalk	—	—	—	Organische Substanz	0.0748	0.0927	0.0914
Schwefelsaure Thonerde	Spur	Spur	Spur	Summe der festen Bestandteile	4.09825	3.7261	4.2674
Fluorcalcium	Spur	Spur	Spur	Kohlensäure (kcm)	340.0	—	—
Kohlensaures Eisenoxydul	—	—	—	Schwefelwasserstoff (kcm)	5.2	—	—
Kohlensaures Natron	0.6500	0.4970	0.5291	Stickstoff (kcm)	12.8	—	—
Kohlensaures Ammoniak	Spur	Spur	Spur	Grubengas	—	—	—
Kohlensaures Lithion	0.0003	0.0003	0.0003	Spezifisches Gewicht	1.00349	1.00327	1.00315
Kohlensaure Magnesia	0.0510	0.0249	0.0264	Temperatur der Quelle (Cels.)	55°	49.6°	47°

[1]) Nach Bunsen bestehen die an der Quelle aufsteigenden Gase aus 66.98% Stickstoff, 30.89% Kohlensäure, 1.82% Kohlenwasserstoff und 0.31% Schwefelwasserstoff.

Die im Vorhergehenden aufgeführte Einteilung der Mineralquellen ist, wie wir betonten, eine vom medizinisch-therapeutischen Standpunkte aus getroffene und, da diese Wasser gerade in dieser Hinsicht für das praktische Leben in Betracht kommen, die allgemeiner gebräuchliche. Eine dagegen auf rein chemischen Prinzipien basierende Gruppierung der Mineralquellen, in letzter Zeit von Daubrée und von Carl von Than vorgeschlagen, wollen wir hier in ihren Hauptgrundzügen kennen lernen.

Daubrée [1]) geht bei seiner Einteilung aus vom in der betreffenden Quelle vorherrschenden Bestandteile und erhält so 7 Hauptgruppen, deren verschiedene wieder in mehrere Untergruppen zerfallen. Es sind folgende:

1. Quellen mit Chlormetallen (Sources chlorurées):
   a. Chlornatriumquellen (Hall in Württemberg),
   b. Chlorcalciumquellen (Cauquenes in Chile),
   c. Chlormagnesiumquellen (Dignes in Frankreich, Vex in der Schweiz).
2. Quellen mit freier Salzsäure (Sources chlorhydriquées), (Fumarolen und Vulkane).
3. Schwefelquellen (Sources sulfurées) (Vernet in den Pyrenäen, Trillo in Spanien).
4. Quellen mit freier Schwefelsäure (Sources sulfuriquées) (Koussutsquelle in Japan).
5. Quellen mit Sulfaten (Sources sulfatées):
   a. Natriumsulfatquellen (Marienbad, St. Gervais in Savoyen),
   b. Calciumsulfatquellen (Quelle von Arceuil),
   c. Magnesiumsulfatquellen (Scarborough in England, Eptingen in der Schweiz),
   d. Aluminiumsulfatquellen (Vulkane, so am Popocatepetl und am Puracé),
   e. Eisensulfatquellen,
   f. gemischte Sulfatquellen (Cransac, Aveyron).
6. Quellen mit Karbonaten (Sources carbonatées):
   a. Natriumkarbonatquellen (St. Nectaire im Puy de Dôme, Ems, Vichy),
   b. Calciumkarbonatquellen (Rippoldsau, Teinach),

---

[1]) Eaux sousterraines, II, pag. 35 ff.

c. Eisenkarbonatquellen (Spaa, Pyrmont),
d. gemischte Karbonatquellen (Schwalbach, Reinerz).

7. Quellen mit Silikaten (Sources silicatées), (Plombières, Bagnères-de-Luchon, Geysire).

Ebenfalls vom rein chemischen Standpunkte aus hat in noch neuerer Zeit der ungarische Akademiker Karl von Than [1]) eine weitere Einteilung der Mineralquellen gegeben, die auf der Annahme begründet ist, daß in sehr verdünnten Lösungen die Salze vollständig dissociiert und als elektrisch geladene Jonen vorhanden sind. Man darf demnach nach dem genannten Autor die bei einer Wasseranalyse gefundenen Metallatome und Säurereste nicht zu Salzen gruppieren, sondern die Jonen allein gewähren einen richtigen Einblick in die Konstitution der Mineralwasser [2]). Die von K. von Than an 74 der bekanntesten Mineralwasser ausgeführten Untersuchungen haben ihn zur Aufstellung von 9 Gruppen geführt, die wir im folgenden kurz besprechen wollen. Zum Verständnis dieser Klassifizierung müssen wir aber zuerst noch erfahren, daß der Genannte die Summe setzt der Äquivalente der Alkalimetalle

$$K + Na + Li + \ldots = M'$$

der Äquivalente der Erdmetalle

$$\tfrac{1}{2} Ca + \tfrac{1}{2} Mg + \tfrac{1}{2} Sr + \tfrac{1}{2} Fe + \tfrac{1}{2} Mn + \ldots = \tfrac{1}{2} M'$$

der Äquivalente der Säurereste außer jenen der Bikarbonate

$$Cl + J + \tfrac{1}{2} SO^4 + BO^2 + \tfrac{1}{3} PO^4 + \tfrac{1}{2} SiO^3 + \ldots = A.$$

1. Gruppe: Alkalische Säuerlinge: $HCO^3 > A$ und $M' > \tfrac{1}{2} M''$ (Preblau, Gießhübel).

2. Gruppe: Erdige Säuerlinge: $HCO^3 > A$ und $\tfrac{1}{2} M'' > M'$ (Clausenquelle von Gleichenberg, u. s. f.).

3. Gruppe: Eisensäuerlinge: $\tfrac{1}{2}\, Fe \geqq 1$, die absolute Menge des Eisens mindestens $\geqq 0.02$ gr (in 1 kgr) und $HCO^3 > A$ (Langenschwalbach, Pyrmont).

---

1) Die chemische Constitution der Mineralwässer und die Vergleichung derselben. In: Tschermaks Mineralog. u. petrograph. Mitteilungen, 1890, XI, pag. 487—535.

2) Bei manchen Mineralwassern, besonders bei den konzentrierten Laugen, hat Than den Grad der Dissociation ermittelt, teils durch Experimente bez. der elektrischen Leistungsfähigkeit, teils durch die Erniedrigung des Gefrierpunktes der betr. Wasser.

4. Gruppe: Salzhaltige Säuerlinge: Außer dem Charakter der Säuerlinge $Cl > \frac{1}{2} SO^4$, deren Summe mindestens 30 % Äquivalent beträgt, und $M' > \frac{1}{2} M''$ (Kissingen-Rakoczy, Niederselters, u. s. f.).
5. Gruppe: Sulfathaltige Säuerlinge: Charakter der Säuerlinge und $\frac{1}{2} SO^4 > Cl$. (Franzensbad, Salz- u. Franzensquelle, Rohitsch, u. s. f. Übergang zu Gruppe 7).
6. Gruppe: Alkalische Bikarbonatwasser: Wie die alkalischen Säuerlinge, aber freie $CO^2 < \frac{1}{2} HCO^3$ (weniger als die Hälfte) (Bilin, Vichy, u. z. Céléstine u. Grande source).
7. Gruppe: Bitterwasser: $\frac{1}{2} SO^4$ viel > die Summe der übrigen Säurereste und die absolute Menge der gelösten Salze ist sehr groß (Hunyady-Janos-Quelle bei Pest, Püllna, Alap, Friedrichshall).
8. Gruppe: Haloidwasser: $Cl >$ die Summe der übrigen Säurereste, Na viel > die Summe der übrigen Metalle, $J + Br \geqq 0.2\,\%$.
9. Gruppe: Thermalquellen: Höhere Temperatur als 24 °C. Summe der gelösten Bestandteile verhältnismäßig gering.
   a. Alkalische und salzige Thermen (Ems, Kesselbrunnen).
   b. Alkalische und Sulfatthermen (Karlsbad, Schloß- und Mühlbrunnen).
   c. Eisenthermen (Szliacs in Ungarn).
   d. Schwefelthermen (Quellen im Stadtwäldchen u. s. w bei Pest, u. s. f.).
   e. Gemischte Thermen (Herkulesbad).

Es sei noch bemerkt, daß nur jene Mineralquellen als Säuerlinge bezeichnet werden, in welchen die Äquivalente der freien Kohlensäure mindestens die Hälfte der Äquivalente der Bikarbonate betragen, und die absolute Menge derselben in einem kgr des Wassers mindestens = 1 gr groß ist[1]).

---

[1]) Einige neuere Arbeiten über Mineralquellen mögen hier angeführt werden:
M. Kelb, Die Soolequellen von Galizien; in: Jahrbuch der k. k. geolog. R.-Anstalt 1876, pag. 135 ff.
Ludwig, Die Mineralquellen der Büdös, Siebenbürgen; in: Tschermaks mineral. und petrogr. Mitteilungen; 1890, pag. 304 ff.
Derselbe: Die Mineralquellen Bosniens, ibid., 1889, pag. 403 ff.; 1890, pag. 105 ff. pag. 183 ff.
Derselbe: Der Preblauer Säuerling, ibid., 1890, pag. 295 ff.

In der Natur des vorliegenden Buches kann es nicht liegen, umfassende Mitteilungen über die Mineralquellen zu geben. Wir beschränken uns daher darauf, nur einige wenige und allgemeiner interessierende Thatsachen anzuführen. Daß den Kulturvölkern des Altertums der Wert und der Nutzen der Mineralquellen zweifelsohne schon bekannt gewesen ist, das geht aus verschiedenen Umständen hervor, und nach Pauly[1]) sollen die Gesundheitstempel der Alten, die Asklepieen, nicht selten in der Nähe von Thermen oder Mineralquellen gebaut worden sein. Der ebengenannte Pauly kennt 62 den Römern schon bekannte Badeorte, darunter mehrere, welche auch heutzutage noch im Rufe großer Heilkraft stehen, so Baden-Baden[2]) (Aqua Aureliae), Wiesbaden (Aqua Mattiacae), 2c. Auch Teplitz[3]), Pyrmont und noch andere Quellen dürften vielleicht schon im Altertum zu Heilzwecken gebraucht worden sein. Ebenso war Baden in der Schweiz im ersten Jahrhundert n. Chr. ein seiner heilsamen Wasser wegen vielbesuchter Badeort, zugleich ein festes Vorlager von Vindonissa[4]). Im Mittelalter war die Benützung der Mineralquellen und Thermen schon stark im Aufschwung; Bilins Sauerbrunnen wurde im Jahre 761 entdeckt, der Quellen von Niederselters geschieht schon im 9. Jahrhundert Erwähnung, Aachen, Baden-Baden, Ems, Pyrmont, Wiesbaden und andere Wasser mehr sind damals schon fleißig besucht worden[5]). Die Art und Weise der Kur war freilich eine etwas andere, als in unseren Zeiten. Man pflegte viel länger im Bade zu verweilen, als jetzt, gewöhnlich vier Stunden, und in Ems soll das Maximum der Badezeit sogar zehn Stunden gewährt haben, so daß man im Bade selbst zum Essen und Trinken gezwungen war[6]). Noch bis

---

L. Szajnocha, Die Mineralquellen Galiziens; in: Akad. d. Wissensch. Krakau, 1891, XXII, pag. 111 ff.

P. Choffat, Contribution à la connaissance géologique des Sources minérothermales des Aires mésozoïques du Portugal. Lissabon, 1893.

[1]) Realencyclopädie der klass. Altertumswissenschaft. Bd. I, pag. 652.

[2]) Auf Grund des Vorkommens dieser Thermen haben die Römer schon im letzten Viertel des ersten Jahrhunderts eine Niederlassung daselbst begründet. Unter Caracalla tritt der Name Civitas Aurelia Aquensis zum ersten Male auf. (Heiligenthal, Geschichte der Stadt Baden und ihrer Bäder, 1879.)

[3]) Die Entdeckung der Heilquellen von Teplitz wird von anderen Autoren erst ins Jahr 762 n. Chr. verlegt, wo die Hirten des Böhmenherzogs Kolostug ein verirrtes Mutterschwein nach langem Suchen in den dortigen Thermalquellen verbrüht wiederfanden. (Perutz, Die Thermalquellen zu Teplitz, Dessau, 1852.)

[4]) Minnich, Baden in der Schweiz und seine warmen Heilquellen in mediz., naturhistor. und geschichtlicher Hinsicht. Baden und Zürich, 1845.

[5]) Goldberg, Die natürl. und künstl. Mineralwasser, pag. 15.

[6]) Goldberg, loc. cit.

in die Neuzeit hinein hat man an dieser Kurmethode festgehalten [1]. Eine hübsche und die damaligen Zustände in einer Art Modebad des 17. Jahrhunderts zur anschaulichen Darstellung bringende kleine Abhandlung verdanken wir dem Sanitätsrat Dr. G. Landerer in Göppingen, worauf wir jeden unserer Leser, der für humorvolle Schilderungen etwas Sinn hat, hier verweisen möchten [2]. Das Wasser thats nicht immer allein, auch „der gute und aufrechte alte Neckarwein" war zuweilen ein die wohlthätigen Wirkungen der Badekur erhöhendes Ingrediens.

In welchem hohen Grade das Badewesen sich in der Gegenwart entwickelt hat, das brauchen wir hier kaum auszuführen. Wer sich davon ein genaues Bild machen will, der nehme Lersch's klassisches Buch über die Mineralquellen [3], Flechsigs Bäder-Lexikon [4], oder sonst ein ähnliches Werk zur Hand [5]. Das Bedürfnis, alljährlich eine Badekur durchzumachen, fühlt übrigens nicht nur allein die an allerlei Gebresten leidende Menschheit unserer hastenden, drängenden und nervös überreizten Zeit, ohne dabei zu bedenken, daß, wie Leichtenstern [6] ausdrücklich betont, durch die richtige Benutzung der gegebenen Verhältnisse in der Heimat sich in vielen Fällen ebensoviel leisten läßt, als durch den Aufenthalt an entfernten Kurorten, und daß mit dem Gehalt gewisser Quellen an minimalen Bestandteilen vom balneotherapischen Standpunkte aus noch manchmal Mißbrauch getrieben wird. Auch bei manchen urgesunden Volksstämmen, so bei den Tirolern und den Kärntnern, ist die alljährliche „Badereise", freilich in anderem und urwüchsigerem Sinne als nach unserer gewöhnlichen Auffassung, eine ins Fleisch und Blut übergegangene Gewohnheit [7].

Auch unsere Generation, die es so herrlich weit in der Theorie gebracht hat, ist in der Praxis jedoch herzlich wenig weit, ja so wenig weiter gekommen, daß auch ihr, zumal in des aufrechten

---

[1] Siehe z. B. in den Berichten über die Bäder von Leuk im Wallis und von Baden im Aargau in Scheuchzers Naturgeschichte des Schweizerlandes, u. s. f., auch besonders Minnich, Baden in der Schweiz u. s. Heilquellen.

[2] Eine Bronnenkur in Göppingen im 17. Jahrhundert; in: Jahreshefte d. Vereins für vaterländ. Naturkunde in Württemberg, 1887, pag. 37 ff.

[3] Schon öfters zitiert.

[4] Leipzig, bei J. J. Weber. Das umfassendste und beste Nachschlagewerk dieser Art.

[5] Bäder-Almanach, Berlin, bei R. Mosse.

[6] Allgemeine Balneotherapie, Leipzig, 1880.

[7] Siehe in: Noë, Alpenbuch, und in: Noë, Bäder in Tirol und Kärnten, in: Zeitschrift des deutsch-österr. Alpenvereins, 1889, pag. 193 ff.

alten Neckarweins klemmer Zeit, die Brunnenkur, nach dem alten *ἄριστον μεν ὕδωρ*, als des Handelns erste und beste Regel, feststeht, wenn es gilt, den Hüter für Leibes und Geistes Gesundheit zu machen (G. Landerer[1])).

Vierzehntes Kapitel.

Etwas von der Entstehung der Mineralquellen.

Über die mit den Mineralquellen aufsteigenden Gase. Von den Säuerlingen und alkalischen Quellen. Von der Herkunft der in den Mineralquellen enthaltenen Kohlensäure. Eisensäuerlinge, Glaubersalzquellen, Bitterwasserquellen. Mineralquellen mit Gehalt an schwefelsaurem Eisenoxydul und schwefelsaurem Eisenoxyd. Salzquellen und Solen. Schwefelquellen. Erdige Quellen. Über die Beständigkeit in der chemischen Zusammensetzung der Mineralquellen. Einige Beobachtungen von J. Beissel hierüber an den Thermen von Aachen-Burtscheid.

Daß wir das Thema dieses Kapitels, eines der allerwichtigsten, aber auch eines der allerkompliziertesten und schwierigsten im ganzen Gebiete der geologischen Wissenschaft, nur in sehr aphoristischer Weise behandeln können, das liegt auf der Hand und ist schon durch die Natur dieses Buches gegeben. Von der auslaugenden Thätigkeit des mit Kohlensäure beladenen und im Felsgerüst unserer Erde zirkulierenden Wassers ist mehrfach schon in diesem Buche (Einleitung, Kapitel 12 u. a. a. O.) die Rede gewesen, so daß wir wohl nur auf die betreffenden Stellen zu verweisen brauchen.

Was nun die mit den Quellen aufsteigenden Gase anbetrifft, als Sauerstoff, Stickstoff und deren Mischungen, so ist Daubrée[2]) der Meinung, die einfachste Annahme, um deren Vorhandensein zu erklären, sei diejenige, daß dieselben der Atmosphäre entstammen. Für die in den vulkanischen Dämpfen enthaltenen Mengen dieser Stoffe kann man nach dem Genannten jedoch eine Herkunft aus dem Erdinnern annehmen. Günstige Temperatur- und Druckverhältnisse, sowie natürlich Mitwirkung der Kohlensäure sind in erster Linie die für das Zustandekommen der einfachen Säuerlinge und der damit verwandten alkalischen Quellen notwendigen Vorbedingungen. Die Mineralien, aus welchen die Salze dieser Wasser vornehmlich stammen, sind neben verschiedenen Karbonaten insbesondere die Erdalkalien, die in den massigen Gesteinen und den damit verwandten krystallinen Schiefern oder in deren Verwitterungs- und Zersetzungs-

---

[1]) loc. cit.

[2]) Eaux sousterraines, II, pag. 87.

produkten vorhandenen Verbindungen der Kieselsäure und noch häufiger sogar Thonerdedoppelsilikate des Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Eisenoxydul, Mangan, u. s. f.[1]). Durch die stetige Einwirkung der kohlensäurehaltigen Gewässer auf diese Mineralien werden dieselben so sehr zersetzt, daß Karbonate dieser Metalle entstehen neben freier Kieselsäure resp. Aluminiumsilikat oder kieselsäurereichen Doppelsilikaten. Gewisse Granite enthalten auch etwas Chlorkalium, Chlornatrium, schwefelsaure Alkalien, Chlorcalcium, wenn auch stets nur in minimalen Mengen, wie denn ebenfalls in noch anderen Massengesteinen, so in Phonolithen, Melaphyren u. a. m., bisweilen geringe Mengen in Wasser löslicher Chloride und Sulfate zu finden sind. Im Melaphyr der Umgebung von Kreuznach sind, um hier ein Beispiel anzuführen, nach den äußerst genauen Darstellungen des Bonner Mineralogen H. Laspeyres[2]) die Ursprungsstellen der Kreuznacher Quellen zu suchen, und im genannten Gesteine sind auch die Substanzen enthalten, welche wir in diesen Quellen in Lösung finden. Der Gehalt an Chloriden, besonders an Chlornatrium, in diesen Quellen ist ein so großer, daß man dieselben, wie Laspeyres sagt, seit vielen Jahren zur Darstellung von Kochsalz, zu Bädern und Trinkkuren ausgenutzt hat. Der Chlornatriumgehalt der Thermen von Baden-Baden ist schon im vergangenen Jahrhundert dem sächsischen Bergmann A. Beyer[3]) aufgefallen, welcher denselben mit dem in der Nähe befindlichen salzführenden Sedimentärgebirge in Zusammenhang brachte, und Sandberger[4]) ist der Nachweis dafür zu

---

[1]) Goldberg, Die natürl. und künstl. Mineralwasser, pag. 19 ff., und dessen Aufsatz: Über Entstehung der Mineralquellen, insbesondere über die dabei stattfindenden chem. Prozesse; in: Zeitschrift für prakt. Geologie, 1893, pag. 92 ff.

Selbstverständlich werden nicht nur Quellen, welche aus dem Detritus solcher Gesteine stammen, sondern auch solche, deren Ursprungsgesteine ihr Material aus solchem Detritus bezogen haben, ähnliche Lösungen führen. Als Beispiel hiefür erwähnen wir die meist zu den alkalischen Säuerlingen gehörigen Mineralquellen der Umgebung von Salzbrunn in Schlesien, welche nicht, wie man früher angenommen hat, aus Porphyr, sondern nach den neueren Untersuchungen von Dathe aus dem Culm stammen, der dort in der Gestalt von Grauwackensandsteinen, Thonschiefern und Konglomeraten entwickelt ist, zu deren Bildung unstreitig die Gneisformation des Eulengebirges das Hauptmaterial gab. (Dathe, Geolog. Beschreibung der Umgebung von Salzbrunn; in: Abhandl. d. k. pr. geol. Landesanstalt, Neue Folge, Heft 3, pag. 111.)

[2]) Kreuznach und Dürkheim a. d. Hardt; in: Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, Bd. 19, 1867, 1. Teil, u. Bd. 20, 1868, 2. Teil (dieser insbesondere).

[3]) Beyträge zur Bergbaukunde, Dresden, 1794. (Nach Eck, Geognost. Beschreibung der Gegend von Baden-Baden, u. s. f. Abhandlgn. d. k. pr. geol. Landes-Anstalt, 1892.)

[4]) Geolog. Beschreibung der Gegend von Baden; in: Beiträge zur Statistik d. inneren Verwaltung d. Großhrztg. Baden, Heft XI, Karlsruhe, 1861. (Nach Eck, loc. cit.)

verdanken, daß der wässerige Auszug des Granits am Friesenberge und am Nebengebäude des „Russischen Hofes“ in Baden-Baden, den er durch längere Einwirkung von Wasser auf Pulver dieses Gesteins erhielt, u. z. in zugeschmolzenen Röhren und im Ölbade, vorherrschend Chlornatrium und schwefelsauren Kalk enthält. Er folgerte daraus, daß die in den dortigen Thermen vorhandenen Salze aus dem Granit herstammen. Daß gewisse Fumarolen der Vulkane Chlornatrium und Wasser exhalieren, das ist eine allbekannte Thatsache, weshalb es nicht Wunder nehmen kann, wenn man in Gesteinen vulkanischer Entstehung Chlornatrium vorfindet.

Schon in der Einleitung ist betont worden, daß wohl ein sehr großer Teil der dem Erdinnern entströmenden Kohlensäure auf die Rechnung vulkanischer Thätigkeit zu setzen sein wird, daß aber noch andere Bildungsweisen dieses Gases angenommen werden müssen. Wir erinnern diesbez. an das auch schon angezogene Beispiel von der Entstehung der Kohlensäure durch Oxydation von Schwefelkies zu freier Schwefelsäure und durch die Einwirkung dieser letzteren auf Kalkstein und andere Karbonate, wodurch sich Kohlensäure entwickeln muß. Man kann als bestimmt annehmen, daß durch eine größere Reihe von Zersetzungsvorgängen an den Gesteinen der festen Erdkruste und durch damit in Verbindung stehende chemische Reaktionen im Erdinnern Kohlensäure gebildet wird, u. z. geschieht dies zweifelsohne in großem Maßstabe. Wir wollen Beispiele dafür nennen. Die mitten auf geschichteten Gesteinen und entfernt von vulkanischen Gebieten und von Basalten belegenen Brunnen und Quellen von Driburg, Meinberg, Pyrmont, Neusalzwerk u. a. m. auf dem linken Ufer der Weser bringen ganz gewaltige Mengen dieses Gases mit an die Oberfläche der Erde herauf. Pyrmont liefert jährlich davon 219 000 Kubikmeter, wovon 41 000 cbm auf die Badequelle dieses Kurortes kommen, Driburg 75 000 cbm, Meinberg 350 000 cbm. In Neusalzwerk sollen täglich 808 300 cbm Kohlensäure zu Tage treten, teils frei, teils in Verbindung mit anderen Substanzen. Die Gasquellen von Kaiser Franzens-Bad bei Eger in Böhmen ergeben 70 000 cbm freier Kohlensäure pro Jahr, und 44 800 cbm die Mineralquellen von Marienbad[1]).

Im Gebiete des unteren Lias, am Nordfuß der Alb, treten in Württemberg eine Anzahl wohlschmeckender und im Schwabenlande

[1]) Cf. Bischof, Chemische Geologie, I, pag. 688, u. s. f., und Daubrée, Eaux sousterraines, II, pag. 118. Lersch, Einleitung in d. Mineralquellenlehre, I, pag. 75 ff.

als Luxuswasser viel getrunkener Säuerlinge zu Tage, so in Göppingen, Faurndau, Jebenhausen, Hattenhofen, Sparwiesen, die teilweise schon in der Hohenstaufenzeit als Heilquellen ausgenutzt worden sind und noch bis ins vergangene Jahrhundert hinein als solche in großem Ansehen standen und sich regen Besuches erfreuten.

Über den Ursprung ihres Kohlensäurereichtums gehen die Ansichten auseinander. Man hat früher Exhalationen aus ungemessener Tiefe angenommen, es ist jedoch wohl außer Zweifel, daß dem nicht so ist, sondern daß Auslaugungen der Quellschichten die nötige Kohlensäure liefern. „Die Verwitterung des Malmsteins", sagt Quenstedt, „der kohlensauren Kalk und Schwefelkies enthält, giebt wahrscheinlich zur Bildung von Kohlensäure Anlaß[1])." Die Pseudomorphose von Brauneisenstein nach Schwefelkies dürfte, wie aus Deffners Darlegungen klar hervorzugehen scheint, der fundamentale Grund dieser Verwitterung sein. Wenn man unter Zugrundelegung des spez. Gewichtes von 5.04 für den Schwefelkies und von 2.5 für den kohlensauren Kalk das Volumen des letzteren berechnet, welches in dem Umwandlungsprozeß des in Kalksteinbildungen vorhandenen Schwefeleisens als Bikarbonat weggeführt werden muß, so ergiebt sich, wenn man den Gesamtbetrag der hiebei freiwerdenden Kohlensäure dazu verwenden will, dafür das 6.48fache des dabei verwendeten Schwefelkiesvolumens. Eine Schwefelkieskugel, die auf einer glatten Kalkfläche ruht, kann somit während ihrer Umwandlung eine Grube von der Tiefe = 4.73 ihres Durchmessers in derselben erodieren, ohne dazu eines anderen Auflösungsmittels zu bedürfen, als der von ihrem Umwandlungsprozeß selbst herrührenden Kohlensäure[2]).

Ähnlich, wie die Säuerlinge, kommen wohl auch die Eisensäuerlinge zur Entstehung. Diese letzteren sind durch ihren geringen Gehalt an doppeltsaurem Eisenoxydul von den ersteren unterschieden, und diese Substanz gelangt durch Auslaugung der in den Gesteinen so ungemein verbreiteten Eisenverbindungen vermittelst des kohlensäurehaltigen Wassers leicht in Lösung. Daß in den alkalischen Quellen das Natriumkarbonat das Kaliumkarbonat meist ganz bedeutend überwiegt, während in ihren massigen Ursprungs-

---

[1]) Begleitworte zur geol. Specialkarte von Württemberg, Atlasblatt Göppingen. Es sei hier bemerkt, daß der Malmstein eben das Auslaugungsprodukt des harten Kalksteins des unteren Lias (Angulatenkalke) ist.

[2]) Deffner, Zur Erklärung der Bohnerzgebilde. In: Jahresb. d. Vereins für vaterl. Naturkunde in Württemberg, 1859, pag. 302.

gesteinen der Kaligehalt meist größer ist als derjenige an Natron, das erklärt Goldberg in sehr plausibler Weise dadurch, daß die kohlensäurehaltigen Wasser die natronhaltigen Silikate leichter zersetzen, als die kalihaltigen, was für die Feldspate erwiesen ist und auch aus der Zeolithbildung gefolgert werden kann. In der Entstehungsweise gewisser aus größeren Tiefen und aus krystallinischen Gesteinen kommender alkalisch-salinischer und alkalisch-sulfatischer Quellen ist dagegen noch mancherlei dunkel. Das Vorkommen etlicher Glaubersalzquellen führt Goldberg zurück auf Auslaugungsprozesse, was besonders für die in steinsalzführenden Sedimenten entspringenden Geltung hat, während wiederum andere der aufschließenden Wirkung der aus Schwefelkiesen entstandenen freien Schwefelsäure auf Kieselsäureverbindungen ihre Bildung verdanken dürften. Auch über den eigentlichen Ursprung mancher Bitterwasser sind wir nach dem Genannten z. B. noch schlecht orientiert, wenn es auch zweifellos erscheint, daß gewisse in diese Gruppe gehörige Mineralquellen in ursächlichem Zusammenhang mit schwefelkieshaltigen Dolomiten stehen. Bei der Oxydation dieses Schwefelkieses bildet sich freie Schwefelsäure, die auf den Dolomit einwirkt und Magnesiasulfat hervorbringt, wobei das zugleich gebildete Kalksulfat sich sofort wieder abscheidet und das ebenfalls gleichzeitig mit in Lösung gegangene schwefelsaure Eisenoxydul durch Oxydation oder durch kohlensauren Kalk wieder zum Niederschlag gelangt. Auf solche Weise dürfte sich die Saidschitzer Bitterwasserquelle bilden, wie auch die Hunyadi-Janosquelle bei Pest. Erstere entquillt einem in Zersetzung begriffenen dolomitischen Mergel, der aus verwittertem Basalt besteht und Schwefelkies enthält; letztere entspringt im Tegel des Obereocäns, der auf Dolomit ruht und ebenfalls Schwefeleisen umschließt. Beide Quellen dringen aus nur geringen Tiefen hervor. Die durch die chemischen Vorgänge freiwerdende Wärme giebt dem Hunyadi-Janos-Bitterwasser eine höhere Temperatur, als diejenige der Tageswasserschicht ist.

Schwefelsaures Eisenoxydul oder auch schwefelsaures Eisenoxyd sind Stoffe, welche sich mit Vorliebe in Quellen zeigen, die an Schwefelkiesen reichen Braunkohlen- resp. Tertiärbildungen entstammen. Das Kalksulfat kann ein direktes Auslaugungsprodukt sein, oder auch durch Umsetzen von Sulfaten mit anderen Kalksalzen in Lösung erst entstehen, oder, wie bei den aus gipsfreien Gesteinen, wie Granit, Syenit, Thonschiefer, entspringenden Quellen,

eine Bildung sein, die der Einwirkung freier Schwefelsäure auf Kalke oder kalkhaltige Silikate ihr Dasein verdankt. Die Schwefelsäure ist entstanden durch Oxydation von Schwefelkiesen [1]).

Die Salzquellen sind, wie Dechen betont, sowohl nach ihren Örtlichkeiten, als auch nach den Formationen, denen sie entströmen, sehr viel verbreiteter, als man zuerst glauben möchte. Wenn auch die Mehrzahl derselben als Auslaugungsprodukte von Steinsalzlagern oder von Salzthonschichten angesehen werden muß, so sind dieselben doch nicht immer ein Kriterium für das nahe Vorkommen von Steinsalz, denn an sehr vielen Stellen und in mehreren Formationen, welche Solquellen liefern, hat man kein Steinsalz finden können. An anderen Stellen, woselbst solches vorhanden ist und nachgewiesen werden konnte, hat sich ferner gezeigt, daß die Quellen ihren Gehalt an Chlornatrium nicht durch Auflösung dem Steinsalzlager entzogen haben und damit in keinem unmittelbaren Zusammenhang stehen, diesen Stoff vielmehr Schichten entnehmen müssen, in denen Steinsalz in feinverteiltem Zustande vorhanden und wohl immer mit Kalk, Magnesia und Kalisalzen verbunden ist [2]). Wir verweisen hier auf die schon weiter oben angezogenen Untersuchungen von H. Laspeyres über die Mineralquellen der Umgebung von Kreuznach u. s. w. Vom verschiedenen Salzgehalt der Solen war bereits im vorhergehenden Kapitel die Rede; es sei dazu hier noch der interessante Umstand erwähnt, daß einige Salzquellen bei ihrer schon seit mehreren Jahrhunderten fortdauernden Benutzung ihren Gehalt gar nicht oder doch nur sehr wenig verändern, andere wiederum zwischen gewissen Grenzen schwanken, während sich auch solche finden, die immer mehr und mehr abnehmen, wie denn auch die Ergiebigkeit dieser Quellen eine ungemein verschiedene ist und großen Einfluß auf ihre Benutzung hat [3]).

Schwefelquellen mögen auf verschiedene Weise entstehen, so in der Nähe noch thätiger oder erloschener vulkanischer Herde durch

[1]) Immer nach Goldberg, loc. cit.

[2]) Dechen, Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche. Berlin, 1873. pag 696ff. Neuere Untersuchungen zeigen jedoch, daß dennoch manche Solquellen, die man als mit Salzlagern außer Verbindung stehend anzusehen geneigt ist, auf die Auslaugung salzführender Formationen zurückzuführen sind. So hat Bücking die Ansicht ausgesprochen, daß die schwachen Salzquellen von Soden südlich von Aschaffenburg, die nach Ludwig aus Spalten des Dioritgneises entspringen sollen, doch wohl nur der Zechsteinformation ihren Mineralgehalt verdanken dürften. (Der nordwestl. Spessart; in: Abhandl. d. k. preuß. geol. Landesanstalt, Neue Folge, Heft 13, pag. 170.)

[3]) Dechen, loc. cit. Siehe auch hier und bei Roth, Chemische Geologie, I, pag. 442 ff. bez. der auf die Solquellen Bezug habenden großen Litteratur.

Aufnahme von Schwefelwasserstoff, einer darin sehr häufigen Substanz, oder auch infolge des Hindurchfließens von Gips- oder Sulfatquellen durch Moräste, bituminöse oder auch kohlige Ablagerungen. Goldberg betont, daß bei dieser letzteren Entstehungsweise gewisser Schwefelquellen etwa dieselben Vorgänge stattfinden, als in verschlossenen Flaschen, worin durch die Thätigkeit von organischen Stoffen oder von Mikroorganismen aus Sulfatlösungen sich Sulfide oder auch Schwefelwasserstoff bilden. Der in so entstandenen Schwefelquellen vorhandene freie Wasserstoff ist dann das Produkt der Zersetzung der Sulfide durch Kohlensäure. Bischof hat auf solche Umstände die Bildung der Schwefelthermen von Aachen-Burtscheid zurückgeführt, und nach Goldberg soll diejenige der meisten Schwefelquellen des Kontinents in denselben Ursachen begründet sein. Daubrée giebt verschiedene Beispiele für eine derartige Entstehungsweise von Schwefelquellen an. Die dem Lias entstammenden Schwefelquellen zu Boll, Balingen, Reutlingen und Sebastiansweiler am Nordabhang der schwäbischen Alb, deren Wasser riecht wie abgebranntes Schießpulver oder wie faule Eier und zur Einrichtung von Badeanstalten Veranlassung gegeben haben, übrigens auch Jod führen, dürften nach Sigwart[1]) und Marx[2]) folgenden Bildungsprozeß durchmachen. Der Schwefelkies in den Quellenschichten — welche sehr reich an diesem Mineral sind — wird von den sauerstoffhaltigen Wassern in Eisenvitriol umgewandelt, das sich mit dem in Lösung befindlichen Kalkkarbonat zu Kalksulfat und zu doppeltkohlensauerem Eisenoxydul umsetzt. Vermittelst der in den Mutterschichten der Quellen reichlich vorhandenen organischen Substanzen oder der Humussäure muß sich Schwefelwasserstoff entwickeln, wie überall, wo schwefelsauere Salze enthaltende Gewässer mit organischen Stoffen in Berührung kommen. Ganz besonders soll es die Humussäure sein, die das Kalksulfat desoxydiert und überführt in Schwefelcalcium, das wiederum von der Kohlensäure des kohlensäurehaltigen Wassers angegriffen wird, wodurch Schwefelwasserstoff und Schwefelwasser entstehen. Solche Schwefelquellen begleiten den ganzen Zug der oberen Liasetage in Württemberg (nur die Balinger Quelle gehört dem

---

[1]) Vorkommen und Verbreitung des Jods in den Mineralwassern und Mineralien Württembergs. (Jahresh. des Vereins für vaterl. Naturkunde in Württemberg, 1853, pag 55 ff.)

[2]) Regelmann, Quellwasser Württembergs, pag. 158, 160 u. a. a. O.

unteren Lias an) und werden von Menschen und Vieh meist gerne benützt[1]).

Daß die kalten erdigen Quellen auf ähnliche Weise zustande kommen, wie die gewöhnlichen Kalkkarbonat und Kalksulfat führenden Mineralwasser, und eine größere Anreicherung an diesen Substanzen aus Umständen erhalten, die durch örtliche Verhältnisse bedingt werden, das ist leicht verständlich. Dagegen scheint uns bezüglich der Entstehung der hierhergehörigen Thermen noch allerlei dunkel zu sein.

Im allgemeinen dürfte, soweit man dies bis jetzt und nach den spärlichen Beobachtungen aus früherer Zeit ermitteln konnte, in der chemischen Zusammensetzung der Mineralquellen eine gewisse Beständigkeit vorwalten, wenn auch der Gehalt derselben an gewissen Bestandteilen lokal nicht immer ganz konstant ist[2]). Bei Mineralquellen, die aus nur geringen Tiefen stammen, wie beispielsweise gewisse Bitterwasser, können das Eindringen von Tagwassern, Regenfälle und andere Umstände mehr selbstverständlich auch bez. der Konstanz der Zusammensetzung ihren Einfluß geltend machen. Von besonderem Interesse in Beziehung auf die gleichförmige Zusammensetzung der Mineralwasser sind die minutiösen Untersuchungen, welche J. Beissel[3]) an den Thermen von Aachen-Burtscheid vorgenommen hat. So zeigt der aus dem Kapitel über die Thermen uns schon genauer bekannte Kochbrunnen in Burtscheid an den verschiedenen Hervorbruchsstellen seines Kessels nicht nur eine verschiedene Temperatur, sondern auch einen verschiedenen Gehalt an Kochsalz, und auch dieser ist an ein und derselben Hervorbruchsstelle schwankend. Daß an einem und demselben Orte zu Tage tretende Mineralquellen in ihrer chemischen Zusammensetzung oftmals ziemlich von einander verschieden sind, das ist eine bekannte Thatsache, worauf wir nicht erst hinzuweisen brauchen. Das geht auch aus den vielen in diesem Abschnitt mitgeteilten Tabellen von Mineralwasseranalysen hervor[4]). Für die Thermen von Aachen-Burtscheid

---

[1]) Über die Erklärung der Schwefelung siehe auch in Beissel, Der Aachener Sattel und die aus demselben hervorbrechenden Thermalquellen, Aachen, 1886, pag. 275—281.

[2]) Siehe hierüber z. B. die Arbeiten von Fresenius über den Kochbrunnen in Wiesbaden (Journal f. prakt. Chemie, 1887, Neue Folge, Bd. 35, pag. 122 ff.), über die Thermen von Ems u. Schlangenbad (Ibid. 1873), von E. Ludwig und J. Mauthner über die Karlsbader Mineralquellen, Wien 1886, u. s. f.

[3]) Der Aachener Sattel und die aus demselben vorbrechenden Thermalquellen. Aachen, 1886, pag. 225 ff., u. a. a. O.

[4]) Beim andalusischen Erdbeben am 25. Dezember 1884 ist der alkalische Säuerling von Alhama in eine wärmere Schwefelquelle umgewandelt worden. Siehe darüber: Mission d'Andalousie, pag. 29, und Beilage 1 dieses Buches.

hat J. Beissel diesen Umstand in folgende Worte gekleidet: „Die Quellen zeichnen sich zwar im ganzen durch die Höhe der Temperatur, des Gehaltes an Chlor, Schwefelsäure, Kohlensäure und Natron vor dem gewöhnlich in den Kalkzügen und sonstigen Schichtenfolgen des alten Gebirges zirkulierenden Wassers aus wie eine besonders charakteristische Art, sind aber dem Grade nach, in dem dieser Charakter bei jeder einzelnen Quelle zum Ausdruck kommt, von einander unterschieden. Ja zuweilen treten auch zum Wasser einzelner Quellen, oder einer der Lage nach zusammengehörigen Gruppe von Quellen Nebenbestandteile hinzu, die den anderen Thermen fast gänzlich fehlen und bedingen, wie z. B. die Sulfide und der Schwefelwasserstoff, eine wegen der leichten Bemerkbarkeit meist überschätzte Abweichung vom Gesamtcharakter". Beissel macht ferner die Bemerkung, daß wenn man sowohl auf der Thermalstrecke von Aachen, als auf derjenigen von Burtscheid sämtliche bis jetzt bekannte Vorbruchsstellen mit einander vergleicht, man findet, daß sowohl auf der einen wie auf der anderen Strecke die Eigentümlichkeit der Thermalwasser an einer bestimmten Stelle am stärksten hervortritt.

Vierter Abschnitt.

Vom Grundwasser.

Fünfzehntes Kapitel.

Vom Grundwasser.

Begriff des Grundwassers. Artesisch gespanntes Grundwasser. Grundwasserspiegel, Grundwasserströme und Grundwasserquellen. Abhängigkeit des Verlaufs des Grundwasserspiegels von der impermeablen Schicht und von der Oberflächengestaltung des Areals. Über die Bestimmung des Gefälles der Grundwasserströme. Größe dieser letzteren und Beispiele hiefür. Grundwasserströme in Flußthälern. Bestimmung der Ergiebigkeit eines Grundwasserstromes und besonders der Durchlässigkeit der wassertragenden Schicht, nach A. Thiem. Senkungen des Grundwasserspiegels durch größere in seiner Nachbarschaft ausgeführte Erdarbeiten. Grundwasser als Seenbildner. Grundwassermoore. Von den gegenseitigen Beziehungen zwischen Fluß- und Grundwasser. Abhängigkeit des Grundwasserstandes von den meteorologischen Faktoren. Verdunstung und Sättigungsdefizit in ihrem Verhältnis zum Grundwasserspiegel. Der Grundwasserstand wird vom Luftdruck beeinflußt. Temperatur des Grundwassers. Chemische Beschaffenheit desselben. Der Eisengehalt im Grundwasser der norddeutschen Tiefebene und die mutmaßlichen Gründe seiner Entstehung. Der Grundwasserstand in seinen Beziehungen zu den hygienischen Verhältnissen des Bodens. Einfluß von Ebbe und Flut auf den Grundwasserstand nahe an der Meeresküste belegener Areale.

Schon in der Einleitung haben wir Gelegenheit genommen, den Begriff des Grundwassers, so wie wir denselben fixieren wollen, zu erläutern. Wir verstehen darunter Wasseransammlungen, bisweilen von gewaltigem Umfang, in lockeren und losen, also nicht in festen Gesteinen, im Gegensatz zu der sonst auch vielfach verbreiteten Ansicht, daß sämtliches in den Boden eindringende und hier von einer wasserundurchlässigen Schicht aufgehaltene Sickerwasser als Grundwasser aufgefaßt werden müßte, also beispielsweise auch das in den Hauptbuntsandstein eindringende und auf dessen Grund von den Rötelschiefern angesammelte Wasser, wie wir

das schon im 3. Kapitel gesehen haben. Ein **scharfer** Unterschied ist allerdings zwischen unserer Auffassung des Begriffs „Grundwasser“ und der eben angeführten insofern nicht vorhanden, als auch zwischen sandigen und grandigen Massen, also lockeren Gesteinen, und einem porösen Sandstein, wie ihn der erwähnte Hauptbuntsandstein darstellt, eine solche Differenz eigentlich nicht besteht, mit Ausnahme des Umstandes, daß bei den ersteren Gesteinen die konstituierenden Mineralpartikelchen lose, beim letzteren aber durch ein Cement verbunden sind. Die Porosität des eben erwähnten Buntsandsteins wird in erster Linie durch die Natur und die Menge seines Cementmittels bedingt, bei anderen Sandsteinen jedoch ist die Ausbildung dieses Cements eine andere, demnach wird auch deren Porosität eine verschiedene von derjenigen des Buntsandsteins sein müssen, bald eine größere, bald eine geringere, zumeist das letztere. Ohne eine genügende Porosität kann aber in einem festen Gestein eine kontinuierliche Wasseransammlung sich nicht bilden, noch weniger ist diese letztere dann imstande, bei dafür geeigneten Verhältnissen einen zusammenhängenden Strom zu bilden, denn hiefür ist ein Grad von Durchlässigkeit notwendig, welcher den meisten Sandsteinen fehlen dürfte. In anderen Gesteinsarten jedoch, so in massigen Gesteinen, in Kalksteinen u. s. f., sind die Bedingungen zur Bildung von kontinuierlichen Wasseransammlungen im Gestein selbst nur in Ausnahmefällen gegeben, und auch diese beruhen nur sehr selten auf dem Gefüge der Gesteinsarten, und sind vielmehr zu allermeist vielmehr auf Dislokationserscheinungen u. dergl. mehr zurückzuführen. Wir haben diese Umstände ja im großen und ganzen bereits alle kennen gelernt.

Nach dem Vorgesagten wird man unsere Auffassung des Begriffs „Grundwasser“ wohl verstehen können, und man wird begreifen, daß wir, um diese unsere Bezeichnung mit möglichst scharfen Grenzen zu umziehen, dieselbe auf die Wasseransammlungen in den lockeren und losen Gesteinsmassen an der Erdoberfläche beschränken, ohne dabei die wenigen Fälle, woselbst auch in festen Gesteinen unter gleichen Bedingungen ähnliche Wasseransammlungen vorhanden sind, zu berücksichtigen. Diese lockeren und losen Massen an der Erdoberfläche sind nun mit wenigen Ausnahmen, welche tertiären, event. auch noch höheren geologischen Alters sind, quartäre Bildungen, u. z. teils glacialer, teils fluviatiler, teils auch lacustriner Natur. In diesen Gebilden sickert das Sickerwasser

also ein, bis es die erste undurchlässige Ablagerung trifft, auf deren Oberfläche es sich als Grundwasser ansammelt, so daß allmählich die sämtlichen darüber liegenden lockeren Massen davon durchtränkt werden. Nun zeigt aber die Erfahrung, daß diese losen Sedimente zuweilen von festeren, thonigen oder mergeligen, also wasserundurchlässigeren Schichten in größerer oder geringerer Ausdehnung durchzogen werden. Sind nun die Lagerungsverhältnisse dieser letzteren nicht mehr normale, sind dieselben gestörte, oder sind derartige abwechselnd durchlässige und wasserundurchlässige Ablagerungen quartären Alters von vorne herein muldenförmig abgesetzt worden, ähnlich wie wir das im Pariser Becken für geologisch ältere Sedimente kennen gelernt haben (Kapitel 9), sodaß an ihrem Ausgehenden Wasser eindringen kann, so werden sich mehrere Grundwasserhorizonte über einander bilden können. Aber nur der oberste derselben, also diejenige Grundwasseransammlung, welche von der Erdoberfläche durch keinerlei wasserundurchlässige Schicht abgesperrt ist, wird noch Grundwasser im strengen Sinne des Wortes führen, und nur dieser kann den hydraulischen Gesetzen folgen, von welchen das Grundwasser, wie wir sehen werden, abhängig ist, während der untere, welcher von zwei undurchlässigen Schichten eingeschlossen ist, sich in physikalischer Beziehung anders verhalten wird, denn sein Wasser ist, wie der Techniker sagt „artesisch gespannt“.

Wenn wir eine absolut horizontale wasserundurchlässige Schicht annehmen, auf welcher lose und lockere Gesteinsmassen ruhen, und welche von keiner Thalung, keinem Einschnitt, keiner Spalte angeschnitten wird, so wird das in den letztgenannten Ablagerungen sich ansammelnde Grundwasser in vollständiger Ruhe verharren müssen, denn mangelndes Gefälle muß absoluten Ruhezustand des Wassers bedingen. Die obere Begrenzungsfläche der Grundwasseransammlung, der Grundwasserspiegel, wird der Erdoberfläche um so näher rücken, je größer die ihn speisende Niederschlagsmenge sein wird. Wenn aber Thalungen diese Ebene durchbrechen, deren Sohle unter dem Grundwasserspiegel liegt, so wird ein Abfluß des aufgespeicherten Grundwassers nach den Thälern hin stattfinden und Grundwasserquellen kommen zur Entstehung. An dem der unterirdischen Wasserscheide an der Erdoberfläche entsprechenden Punkte wird der Grundwasserspiegel den höchsten Stand aufweisen, weil er hier am wirksamsten vor der Verdunstung geschützt sein wird (Fig. 36 S. 168). Anders, wenn die wasserundurchlässige Schicht, worauf das Grundwasser ruht, geneigt ist, oder wellen-

förmigen Verlauf zeigt. Dann entsteht ein Grundwasserstrom, indem das Grundwasser dem Gefälle der besagten Schicht entsprechend abfließt. Zeigt diese letztere im allgemeinen einen gewissen Parallelismus mit dem Relief der Erdoberfläche, so wird auch der Grundwasserspiegel im großen und ganzen einen diesem letzteren ähnlichen Verlauf besitzen, während, wenn dies nicht der Fall ist, der Grundwasserspiegel lediglich der impermeablen Unterlage folgt, wie dies u. a. Isidor Soyka nachgewiesen hat[1]). „Während einerseits", sagt der Genannte, „Erhebungen der undurchlässigen Schichte vollständig von Grundwasser entblößt sein können, werden Vertiefungen derselben von jenem erfüllt werden, und es können gelegentlich förmliche mit Grundwasser erfüllte Kessel entgegentreten, wie z. B. bei München. In solchen unterirdischen Mulden wird eine viel langsamere Erneuerung des Grundwassers eintreten, da das Quantum, das zu ersetzen ist, ein viel größeres ist."

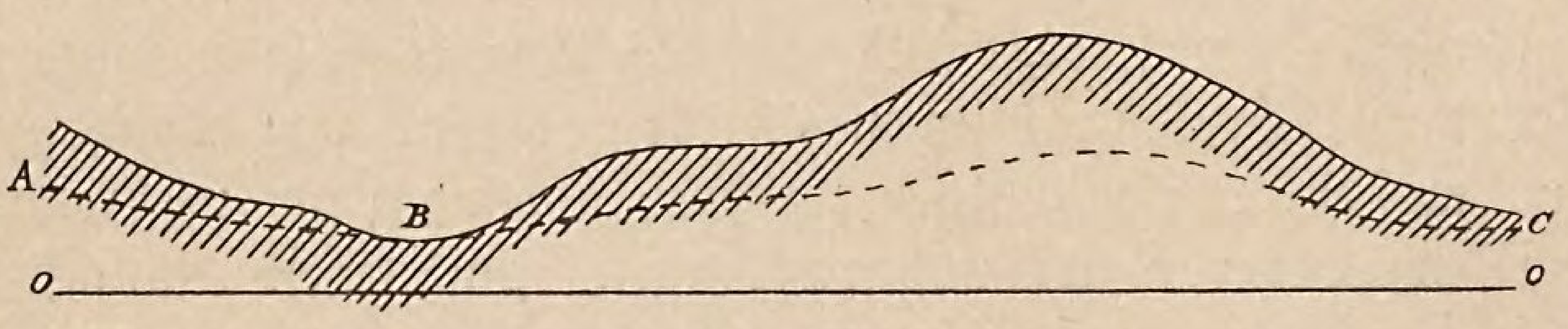


Fig. 36.
Verlauf des Grundwasserspiegels im Boden. Nach Lapparent. o-o: Horizontale; A-C: Grundwasserspiegel; B: Thalung mit Grundwasserquellen.

Durch derartige Unregelmäßigkeiten im Niveau der wasserundurchlässigen Schicht, die oberflächlich nicht hervortreten, kann eine auffallende Nichtübereinstimmung im Auftreten des Grundwassers an benachbarten Stellen hervorgebracht werden, wie dies Fig. 37 zeigt.

Wenn man einen Grundwasserstrom zur Alimentierung menschlicher Ansiedelungen benützen und eine Fassung des ersteren anlegen will, so kommt es in erster Linie darauf an, sein Gefälle zu bestimmen. Als erste Anhaltspunkte hiefür dienen nach einem der bewährtesten hydrologischen Techniker der Gegenwart, nach dem Baurat A. Thiem in Leipzig, etwa vorhandene Brunnen, deren Spiegel man nivelliert. Meist reicht dieses Mittel aber nicht aus, so daß man gezwungen ist, zur Erreichung des Zwecks Grundwasserspiegel durch Bohrungen aufzudecken. Wenn das in hinreichender Weise geschehen ist, so konstruiert man mit Hilfe einer

[1]) Die Schwankungen des Grundwassers mit besonderer Berücksichtigung der mitteleuropäischen Verhältnisse. (In: Pencks Geograph. Abhandlungen, II, Heft 3, pag. 9.)

Nivellierung und der dadurch gewonnenen Coten einen Höhenschichtenplan des Grundwasserspiegels. Dieser Höhenschichtenplan giebt alsdann die Gefällsgröße, die Richtung des Gefälles und außerdem noch verschiedene andere Zustände und Vorgänge an[1]). Wenn man einen sichtbaren Strom beobachtet, sagt Thiem, so zeigt sich, daß das Gefälle des Stromspiegels bei sehr geringer Wassermenge nahezu mit demjenigen der Sohle übereinstimmt. Tritt

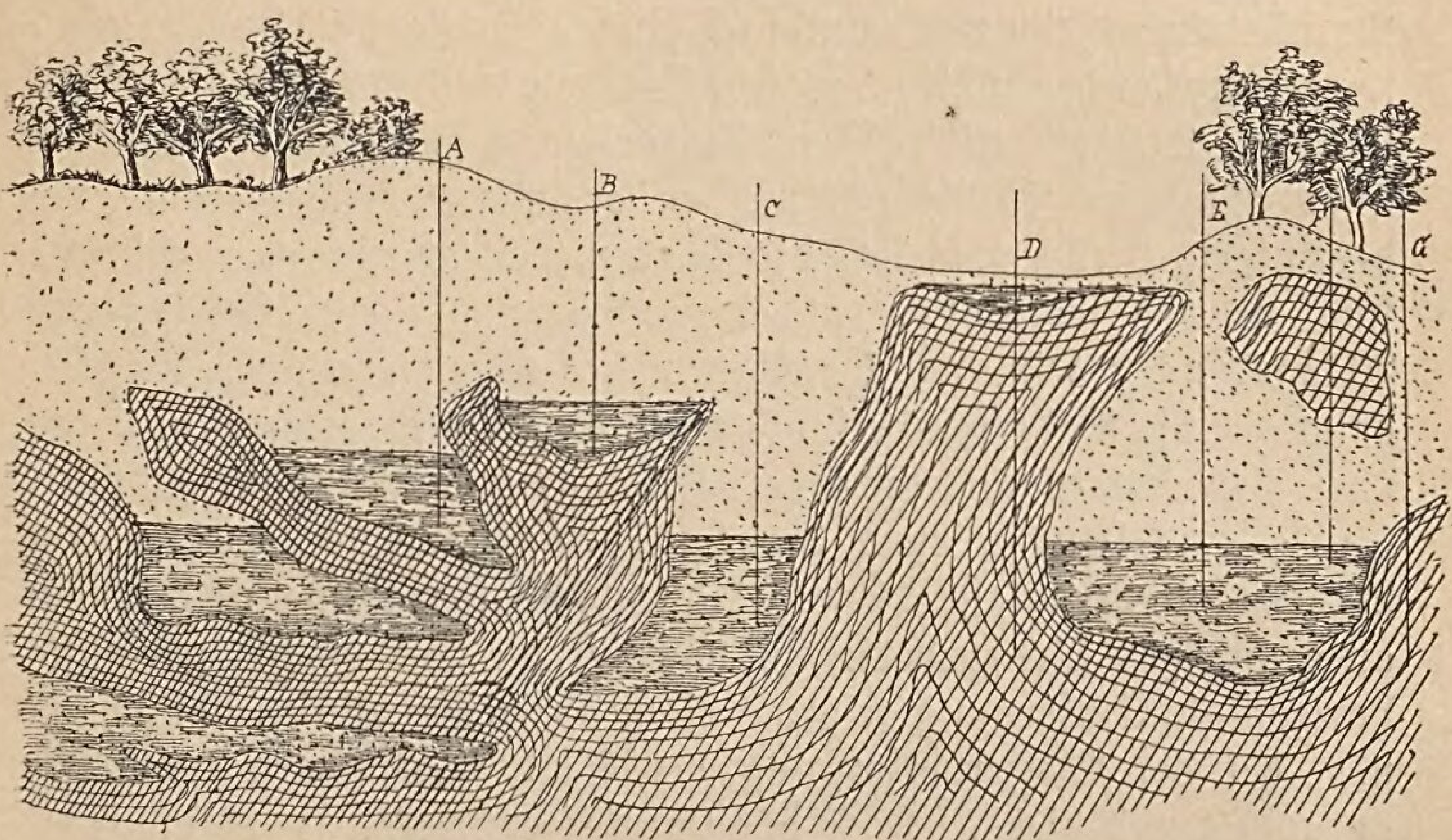


Fig. 37.
Schematische Darstellung des Verlaufs der wasserundurchlässigen Schicht (Geschiebemergel) im Osten Schleswig-Holsteins. Durch Wirkungen der Drift und des Inlandeises in der Diluvialzeit ist dieses Gebilde vielfach auf- und zusammengestaucht, so daß im Boden eine Anzahl von muldenartigen, sehr verschieden gestaltigen Vertiefungen entstanden, die mit dem durchlässigen Material der darauf lagernden Diluvialsande erfüllt und somit die Ursache verschiedener, in sehr wechselnden Tiefen befindlicher Wasseransammlungen geworden sind. Diese letzteren stehen zum Teil in Verbindung mit einander, und zwar wohl durch größere und kleinere Grundwasserströme, während andere wiederum ganz für sich abgeschlossen sind und nur bei sehr hohem Grundwasserstande mit einander im Connexe sein können. A—G stellen Brunnenschächte dar, deren Wasserniveau infolge dieser Umstände ein sehr wechselndes ist, und die teilweise bei niederem Wasserstand gar kein Wasser geben können, so der Schacht G.

jedoch Hochwasser ein, so wird unter Umständen ein in den Fluß eingebautes Wehr oder eine Stromschnelle vollständig aus der Erscheinung verschwinden; die Oberfläche des sichtbaren Wassers

[1]) Thiem, Über Wasserbeschaffung für Städte. Vortrag auf d. 28. Hauptversamml. des Vereins deutsch. Ingenieure a. 17. Aug. 1887. (Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ingenieure, Bd. 31, pag. 1133 ff.)

giebt dann wohl im allgemeinen, aber bei weitem nicht mehr im besonderen und in dem früheren hohen Grade ein Bild des Verlaufs der Flußsohle. Ganz ebenso verhält es sich mit den Grundwasserströmen. Man konstruiert den Höhenschichtenplan des Grundwasserspiegels zu irgend einer Zeit und beobachtet ihn fortlaufend. Findet dabei eine Hebung oder Senkung statt, und zeigen die Horizontalkurven, welche diesen Zuständen zukommen, keinen Parallelismus mit den ursprünglichen, so ist auch kein annähernder Parallelismus der wasserundurchlässigen Sohle mit dem Wasserspiegel vorhanden, und es ergiebt sich ohne weiteres, daß diejenigen Curven, welche den tiefsten Spiegellagen zukommen, das der undurchlässigen Sohle am meisten genäherte Bild geben. An derjenigen Stelle, woselbst die Curven weit auseinandergeschoben sind, werden jedenfalls, ceteris paribus, mächtige wasserführende Ablagerungen sein, wo dieselben näher zusammenrücken, wachsen entweder die Widerstände infolge des dichter gelagerten Materials, oder aber auch es wird durch eine Hebung der wasserundurchlässigen Sohle eine Einschnürung des Querprofils erzeugt, welche den Widerstand veranlaßt. Die zukünftige Wasserfassung ist demnach an denjenigen Ort zu verlegen, woselbst die Curven die geringste horizontale Entfernung zeigen. Nach diesen Prinzipien hat Thiem u. a. bei der Wasserversorgung der Stadt Straßburg im Elsaß gehandelt und hiebei sehr schöne Erfolge erzielt [1]).

Schwieriger gestalten sich die Verhältnisse, wenn man es statt mit einem mit mehreren Wasserhorizonten zu thun hat, umsomehr, als die trennenden Schichten durch den Bohrvorgang nicht immer erkannt werden können, wie Thiem ausdrücklich hervorhebt, gestützt auf etwa 4500 Meter, die derselbe damals schon in quartären Ablagerungen erbohrt hatte. Das Vorhandensein und die Nichtbeachtung verschiedener Wasserstockwerke ist nach des Genannten Überzeugung häufig die Veranlassung gewesen, daß eine auf Grundwasser sich stützende Versorgung nicht die Ergebnisse geliefert hat, die ihr eigentlich zukommen sollten. Thiem selbst wäre z. B. beinahe durch diese Umstände irregeführt worden, als derselbe an der Wasserversorgung für Leipzig mitarbeitete und einen diluvialen Flußlauf nachweisen konnte, dem heutzutage an 60 000 Kubikmtr. Wasser täglich entnommen werden, während er diesem Areal in einem

---

[1]) Vorproject zu einer Wasserversorgung von Straßburg, von Gruner u. Thiem, Straßburg, 1875.

gewissen Untersuchungszustande die Fähigkeit, 30 000 Kubikmtr. zu liefern, nicht beimessen zu dürfen glaubte.

Die Grundwasserströme sind natürlich von sehr verschiedener Größe, bald nur wenige Meter, bald mehrere Kilometer breit. Durch die Untersuchungen Daubrées[1]) und Thiems[2]) wissen wir, daß das Rheinthal zwischen Basel und Weißenburg auf der linken Stromseite und ebenso auch auf der rechten von bedeutenden Grundwasserströmen durchzogen wird, welche in den Alluvionen des Rheinstromes, resp. der Ill und ihrer Nebenflüsse verlaufen. Allein auf der linken Rheinseite in der Höhe Straßburgs hat die vom Grundwasser eingenommene Fläche an 20 Kilometer Ausdehnung und zweifellos über 10 Meter Tiefe. London[3]) steht auf einem aus lockeren Massen bestehenden Boden, der bis zu 6 Meter Mächtigkeit erreicht und die Niederschläge sehr leicht aufsaugt. Letztere werden von dem eocänen Londonthon am Weitereindringen in die Erde aufgehalten und bilden so ein gewaltiges Reservoir von Grundwasser, aus welchem die englische Hauptstadt ihren Bedarf an Trinkwasser entnimmt. Im alten, diluvialen Thal der Sihl bei Zürich bewegt sich nach Heim[4]) ein großer Grundwasserstrom. In der römischen Campagna ist Gleiches der Fall. Aus den sabatinischen Bergen im Norden und aus den latischen Bergen im Süden von Rom kommen breite und tiefe Grundwasserströme daher, welche unter den Gefilden der Campagna ausgedehnte unterirdische Wasseransammlungen bilden und in der Richtung der Flußthäler nach abwärts verlaufen[5]).

Da sich die oberirdischen Wasserläufe die niedersten Stellen der Thalungen aufsuchen und da diese letzteren sehr oft schon aus der diluvialen Zeit herstammen, hier also in erster Linie wasserführende lockere Massen durch die Transportwirkungen des fließenden Oberflächenwassers abgelagert worden sind, so ist es leicht zu verstehen, daß Grundwasserströme besonders gern im Untergrund der Flußthäler sich fortbewegen. Wir kommen auf das Verhältnis, in welchem in einem solchen Falle der Oberflächenlauf zum Grundwasserstrom steht, nachher noch zurück. Auch in Thalungen, in welchen ein oberflächlicher Wasserfluß nicht mehr sichtbar ist, also

[1]) Eaux sousterraines, I, pag. 22 ff. Description géologique du Bas-Rhin, pag. 342 ff.

[2]) Wasserversorgung von Straßburg.

[3]) Prestwich, in: Address to the Geolog. Society of London, 1872.

[4]) Die Quellen, pag. 16.

[5]) Soyka, loc. cit., pag 7.

in Trockenthälern, sind Grundwasserströme zu finden, wie zahlreiche Vorkommnisse aus der bayrisch-oberschwäbischen Ebene und aus dem norddeutschen Tieflande beweisen.

Gefälle und Mächtigkeit eines Grundwasserstromes können, wie wir sahen, unmittelbar bestimmt werden. Anders verhält es sich mit der Bestimmung der dritten Größe, welche bei der Fassung eines Grundwasserstromes in Betracht kommt, des benetzten Umfangs, hier also mit anderen Worten der Durchlässigkeit. Thiem hat folgende Formel aufgestellt:

Bezeichnet:

F ein konstantes vom Wasser durchflossenes Querprofil im durchlässigen Untergrunde,

s eine bestimmte Wegstrecke, bei deren Durchfluß verbraucht wird:

h das Gefälle, und schließlich

k einen Koëffizienten,

so ist die Ergiebigkeit

$$A = k F \frac{h}{s}$$

nach dem Darcyschen Gesetz. Im Koëffizienten k kommt die Durchlässigkeit zum Ausdruck [1]). Die Bestimmung der Durchlässigkeit geschieht mittels eines sogenannten Versuchsbrunnens, oder besser noch nach der neueren Thiemschen Methode durch Einführung von Kochsalz in die Bohrlöcher und durch die Eruierung der Diffusionsgeschwindigkeit dieser Substanz im Grundwasserareal [2]). Die Wasserversorgung von Greifswald, welche der genannte Hydrologe glänzend durchgeführt hat, stützt sich auf Wasser, das lediglich nur durch diese Methoden nachgewiesen wurde, ohne daß es jemals sichtbar geflossen wäre. Die für die Durchlässigkeit günstigsten Verhältnisse sind nach Thiem möglichst großes Korn und Gleichheit der einzelnen den Wasserträger konstituierenden Elemente [3]), denn, wie Lueger dargethan hat, je feinkörniger der letztere ist, um so langsamer geht auch das Fließen des Grundwassers vor sich [4]).

---

[1]) Über Wasserbeschaffung für Städte. Cf. hier auch bez. der Ergiebigkeit die schöne kleine Abhandlung von H. Höfer: Die Ergiebigkeit eines Grundwasserstroms (In: Zeitschrift d. österr. Ingenieur- u. Architekten-Vereins, 1892, Nr. 29.)

[2]) Thiem, loc. cit.

[3]) Wasserversorgung der Stadt Riga, München, 1883.

[4]) Theorien der Bewegung des Grundwassers in den Alluvionen der Flußgebiete, Stuttgart, 1883.

Es mag hier noch kurz erwähnt werden, daß die Ergiebigkeit einer Grundwasserfassung manchmal im Laufe der Zeit eine Zunahme aufweisen kann, weil dadurch das früher mehr oder weniger im Ruhezustand befindlich gewesene Wasser abgeführt wurde und das von dem Pumport entferntere Grundwasser somit Gelegenheit erhielt, sich einen neuen Abfluß zu verschaffen. Hierdurch wird sich natürlicherweise der Grundwasserspiegel mehr oder weniger erheblich senken müssen. Infolge des großen Einschnittes, welchen die Arbeiten am Nord-Ostseekanal in das Gelände der Umgebung von Kiel gemacht haben, wurden mehrere starke Grundwasserströme angetroffen, die gewaltige Wassermassen in das Kanalbett ergossen und nicht unerhebliche Mühe verursachten, bis man ihren Abfluß in geregelte Bahnen leiten konnte. Mit diesen angeschnittenen Grundwasserströmen hängt augenscheinlich der Umstand zusammen, daß der Grundwasserspiegel in den Brunnen des umgebenden Areals sich um mehrere Meter erniedrigt hat. Die Ursache dafür liegt nach dem Vorgesagten klar auf der Hand. Noch deutlicher ließ sich die durch die erwähnten Kanalarbeiten veranlaßte Senkung des Grundwasserspiegels in der Umgebung von Rendsburg und in dieser Stadt selbst verfolgen. Ähnliche Erscheinungen lassen sich auch in Gebieten beobachten, woselbst starker Bergbau betrieben wird. So hat der auf Kupferschiefer betriebene Bergbau des Mansfeldischen den Grundwasserstand dieser Gegend im weiten Umkreise gesenkt.

Das Hervorquellen von Grundwasser in natürlichen Bodensenkungen kann nach W. Ule die Bildung von Seen hervorrufen, wie dies für die masurischen Seen und das große Wasserbecken Ostholsteins, den Plöner See, der Fall sein soll[1]) (Fig. 38 S. 174). Auf das Hervortreten von Grundwasser, das nur schwer wieder abfließen kann, gründet sich auch das Vorkommen gewisser großer Moore, so derjenigen Preußens, derjenigen der bayrischen Hochebene u. s. f.[2]). Es sind diese Moore die Grundwassermoore oder Hochmoore, im Gegensatz zu den ehemalige Seebecken erfüllenden Tiefmooren. Sphagnumarten und andere torfbildende

[1]) Die Tiefenverhältnisse der masurischen Seen (Jahrbuch der k. preuß. geolog. Landesanstalt für 1889, Berlin, 1890); und:
Die Tiefenverhältnisse der ostholsteinischen Seen. (Ebendas. 1890, Berlin 1891.)
Thiem, Wasserversorgung der Stadt Riga, pag. 30.

[2]) Jentzsch, Über die Moore der Provinz Preußen. (Schriften d. phys.-ökon. Gesellschaft zu Königsberg, 1878.)
Soyka, Schwankungen des Grundwassers, pag. 12, 53 ff.

Pflanzen setzen sich an einzelnen Stellen in dem seichten Wasser fest, und von dort aus beginnt dann unaufhaltsam der Vermoorungsprozeß, bis schließlich weite Flächen von dem schwammartig sich aufwölbenden Moore bedeckt sind [1]).

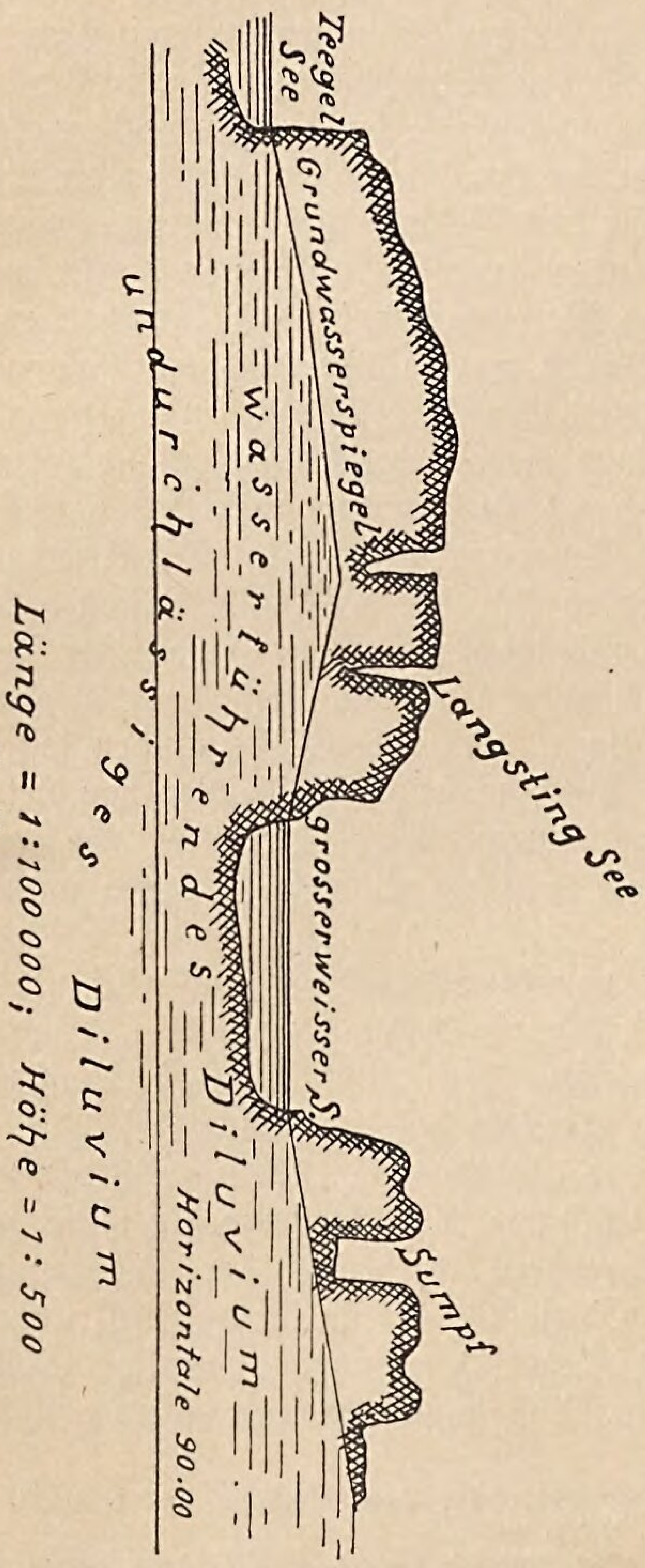


Fig. 38.
Der Verlauf des Grundwasserspiegels bei Riga und sein Zusammenhang mit den Seen in der Umgebung dieser Stadt. Nach Thiem.

Die Grundwasserströme, deren Verlauf durch Thalungen angeschnitten wird, u. z. an Stellen, welche höher liegen, als ein etwa in der Thalsohle dahinfließender Oberflächenfluß, werden sich als Grundwasserquellen Luft schaffen können, wie wir das schon zu Anfang dieses Kapitels gesehen haben. Tiefer, als der Spiegel eines solchen Flusses liegende und von der Thalung getroffene Grundwasserströme werden sich in den Oberflächenlauf ergießen und denselben speisen. Der schon mehrfach citierte Ingenieur Lueger hat bez. dieses Punktes sehr interessante Beobachtungen an der Dreisam oberhalb von Freiburg im Breisgau machen können. Viele dort zu industriellen und anderen Zwecken

[1]) Ule, Das Wasser im Boden. (In: Nachrichten über Geophysik, Bd. I, pag. 33 ff.)

gemachte Wasseranlagen fangen alles Flußwasser ab, sodaß direkt unterhalb derselben das Flußbett trocken ist. Aber an dem etwa ein Kilometer abwärts gelegenen Wehre erhält der Fluß durch Grundwasser eine frische Zufuhr an feuchtem Element, sodaß sogar ein weiterer gewerblichen Zwecken dienender Kanal davon abgezweigt werden kann. Im Winter ist das austretende Grundwasser, das eine wärmere Temperatur aufweist, an der Verdampfung zu erkennen[1]). Man muß sich darüber klar sein, daß, wie Soyka besonders betont, nur in ganz seltenen und nur bei kleineren Flußlinien bekannten Fällen ein Wasserlauf der Erdoberfläche sein Bett der ganzen Länge nach in wasserdichten Boden eingegraben hat. Die allergrößte Mehrzahl der Flüsse fließt zuweilen über mehr oder weniger mächtigen wasserdurchlässigen Ablagerungen dahin, aus welchen das darin vorhandene Grundwasser dem Oberflächenlaufe zuströmt. „Da nun", sagt Soyka, „dieses Zuströmen durch die Zwischenräume des losen Bodens unverhältnismäßig viel langsamer vor sich geht, als in offener Rinne, und Verzögerungen von Wochen und Monaten eintreten können zwischen dem Niederfall eines Wassertropfens auf durchlassenden Boden und seinem Eintritt in den Fluß, so bildet der Abfluß des Grundwassers großartige Compensationsapparate, welche während der nassen Jahreszeit große Mengen von Feuchtigkeit zurückhalten und dafür während der Dürre fortfahren, den Fluß zu speisen." Dieser Umstand mag denn auch die Thatsache erklären, warum während des so außergewöhnlich heißen und trockenen Sommers im Jahre 1893 dennoch viele Flüsse des nördlichen Europas noch Wasser führen konnten, trotzdem daß monatelang kein Regentröpfchen vom Himmel fiel.

Aber nicht nur das Grundwasser giebt von seinem Material an den Oberflächenlauf ab, sondern auch dieser ist nicht ganz ohne Rückwirkung auf das erstere, wie dies schon im Jahre 1866 von Sueß bezüglich des Donauwassers und des Grundwassers von Wien festgestellt und seither durch viele andere Beobachtungen an weiteren Orten bestätigt worden ist[2]).

Diese zwiefachen und scheinbar gegensätzlichen Beziehungen des Grundwassers zu den Flüssen sind nach Soyka zurückzuführen auf

[1]) Die Verteilung des Wassers, insbesondere des Quellwassers über dem Festlande. (Im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, 1881.)

[2]) Unter besonderen Verhältnissen (wenn der Fluß hoch über dem Grundwasserspiegel fließt) ist es sogar möglich, daß ein Oberflächenlauf einen großen Teil seines Wassers an das Grundwasser abgiebt, so beispielsweise die Würm bei München. (Soyka, Schwank. d. Grundwassers, pag. 54.)

die Lagerung des Flußbetts mit Rücksicht auf die wasserführenden und wasserundurchlässigen Schichten. Zwei Typen können hier unterschieden werden: Schneidet das Flußbett tief ein in die impermeable Schicht, sodaß diese letztere dem ersteren in nicht unbedeutender Höhe seitlich überlagert ist, so erfolgt der Abfluß so hoch über dem Flußniveau, daß dieses die Abflußstelle gar nicht zu erreichen vermag. Das Wasser fließt also jederzeit in die Tiefe ab ohne jegliche Behinderung, und die Höhe des Grundwasserspiegels wird von den Schwankungen des Wasserstandes im Fluß durchaus nicht beeinflußt werden können. Als Beispiel für eine derartige Erscheinung führt der Genannte die Münchener Verhältnisse an, zu deren Erläuterung die nebenstehende Fig. 39 dienen soll. Wir sehen hier das Flußbett der Isar tief eingefurcht in die wasserundurchlässige tertiäre Schicht, in den Flinz und hoch über dem Wasserspiegel des Flusses den Abfluß des Grundwassers. Die vielfachen Veränderungen im Flußbette der Isar haben aus diesem Grunde auch auf die Grundwasserverhältnisse Münchens nicht einzuwirken vermocht.

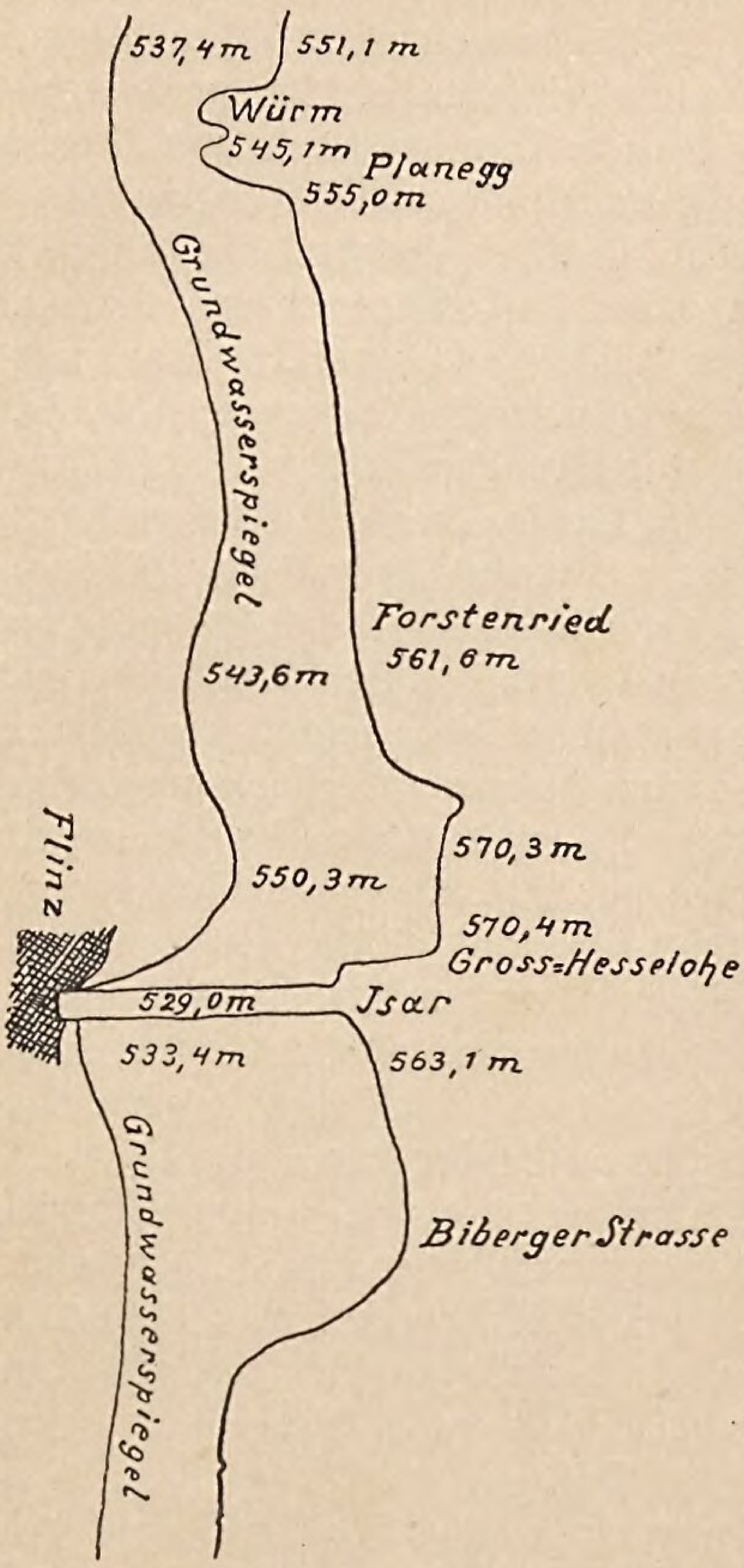


Fig. 39.
Das Verhältnis des Grundwasserspiegels zur Isar bei und in München. Nach Soyka.

Der zweite Typus gelangt zur Entwickelung, wenn das Flußbett im durchlässigen Boden eingegraben ist, und z. hoch über der impermeablen Schicht, oder nur eben auf dieser letzteren aufruht. Dann hat jede Veränderung im Wasserstand des Flusses auch Einfluß auf den Stand des Grundwasserspiegels in der Nachbarschaft des Oberlaufs. Die Höhe des Grundwasserspiegels hängt natürlich von der Höhe des Abflusses, also des Flußniveaus ab. Wenn dieses letztere steigt, so erfolgt so lange ein Einsickern des Flußwassers in den Boden, bis daß auch das Grundwasser so hoch gestiegen ist, daß sein Niveau den Flußspiegel wiederum um jene Höhe überragen kann, welche notwendig ist, um den Widerstand im Boden zu überwinden und das Wasser in abfließender Bewegung zu erhalten.

Auf alle die interessanten Einzelheiten, welche sich hier weiter noch ergeben, einzugehen, müssen wir uns leider versagen, und unsere Leser, die noch mehr darüber erfahren möchten, auf die klassische Abhandlung des leider viel zu früh dahingeschiedenen genialen Prager Gelehrten verweisen. Daß für die Beziehungen zwischen dem Grundwasser und den Seenbecken im allgemeinen dasselbe gilt, wie für diejenigen zwischen den Flußläufen und den letzteren, wenn auch manchmal mit gewissen Modifikationen, das braucht hier wohl kaum mehr besonders hervorgehoben zu werden.

Nun sind es aber neben den geologischen Verhältnissen noch eine Reihe anderer Umstände, welche den Grundwasserstand beeinflussen, nämlich die meteorischen. Da liegt es denn auf der Hand, daß in an Niederschlägen sehr reichen Jahren der Grundwasserstand erheblich höher sein muß, als in niederschlagsarmen Zeiten. Der Grundwasserstand ist, wie der greise Herr von Pettenkofer jüngst sehr treffend gesagt hat, der richtigste Index für den Wechsel der Durchfeuchtung der über dem Grundwasserspiegel belegenen Bodenschichten [1]). Als Beispiel hiefür wollen wir die Grundwasserverhältnisse in Hamburg im Sommer 1892 citieren, der bekanntlich, so besonders im Monat August, sehr heiß war, gegen 5° über dem sonstigen Mittel, während im Juli, August und September die Niederschläge weit unter dem Mittel geblieben sind. Infolgedessen war der Grundwasserstand in der

[1]) Über Cholera, mit Berücksichtigung der jüngsten Choleraepidemie in Hamburg. (Münchener Medicinische Wochenschrift, 1892, Nr. 46 d. 39. Jahrgangs.)

Hansestadt, wie aus den Untersuchungen Vollers hervorgeht, so tief, wie seit vielen Jahren nicht mehr. Sehr genaue Beobachtungen über das Verhältnis der Niederschläge zum Grundwasserstand verdanken wir J. Soyka. In München, dessen Grundwasser größtenteils in Quellen abfließt, wie berichtet, tritt das Maximum der Niederschläge im Juni, der höchste Grundwasserstand jedoch erst im Juli ein, also verspätet, während wiederum das Minimum des Grundwasserstandes dem Minimum der Niederschläge vorauseilt. Ersteres erfolgt im November, letzteres erst im Februar. Diese Thatsache hat der genannte Hygieniker folgendermaßen gedeutet. Dem Grundwasser fließt immer nur ein Teil der Niederschläge zu, da ein Teil derselben der Verdunstung anheimfällt, welche wiederum ein Effekt von Temperatur, Luftdruck, Wind und Luftfeuchtigkeit ist. Als Maß der Verdunstung wird die Feuchtigkeitsmenge angenommen, u. z. in Millimeter ausgedrückt, welche die Luft in den einzelnen Monaten benötigt, um sich mit Wasserdampf zu sättigen, und diese Feuchtigkeitsmenge bezeichnet Soyka als Sättigungsdefizit. Eine hohe absolute Menge des Niederschlags und ein nur geringes Sättigungsdefizit bewirken, daß die Jahresschwankungen des Grundwasserstandes durch den Jahresverlauf des Niederschlags beherrscht werden, während umgekehrt bei einer geringen absoluten Niederschlagsmenge und einem hohen Sättigungsdefizit die Jahresschwankungen des Grundwassers dem letzteren folgen. Ein gutes Beispiel für den ersteren Fall liefert die Umgebung von München, ein solches für den zweiten diejenige Berlins. Aus dem wechselseitigen Verhalten des Niederschlags und des Sättigungsdefizits lassen sich nun die obenerwähnten inkongruenten Beziehungen zwischen Niederschlagsmenge und Grundwasserstand in München und an anderen, von ähnlichen Verhältnissen beherrschten Orten erklären.

Daß das Grundwasser der Thalungen (der zweite Typus der Beziehungen des Grundwassers zu den Flüssen, Seite 177) in seinem Stande mit demjenigen des eventuell hier vorhandenen Wasserlaufes an der Oberfläche schwankt, ist nach allem dem Vorhergesagten selbstverständlich. Der Wasserstand im Fluß ist in trockenen Jahreszeiten niedriger, daher kann mehr Grundwasser in sein Bett eintreten. Ist aber die Niederschlagsmenge groß, der Wasserstand also höher, so wirkt er ja repulsiv auf das Grundwasser ein. Durch den Flußspiegel wird der Grundwasserspiegel reguliert.

Die Folgerungen Soykas aus seinen Untersuchungen über die soeben erwähnten Beziehungen zwischen der Verdunstung und dem Grundwasserstand sind in letzter Zeit von verschiedenen Seiten etwas angezweifelt worden, denn Sättigungsdefizit und Verdunstung decken sich nicht ganz. Dann haben an dem letzteren Vorgang auch die Bodenfeuchtigkeit und sogar das Grundwasser einen gewissen Anteil, wie durch die Beobachtungen Esers [1]) dargethan ist. In manchen Einzelnheiten mögen die Resultate Soykas daher wohl der Rektifikation bedürftig sein, im großen und ganzen jedoch haben dieselben auch heute noch volle Gültigkeit. King in Wisconsin hat in jüngster Zeit Veröffentlichungen über die Abhängigkeit des Grundwasserstandes von den Witterungsverhältnissen gemacht und fand, daß ein Steigen des Luftdrucks ein Sinken des Grundwasserstandes bewirkt, daß ferner Übereinstimmung herrscht zwischen dem Gang der Bodentemperatur und einer vielfach von ihm beobachteten täglichen Grundwasserbewegung, u. s. f. [2]). Endgültige Resultate über alle diese Beziehungen des Grundwassers zu den meteorologischen Faktoren sind aber bislang noch nicht gewonnen worden.

Das Grundwasser weist eine ziemlich gleichmäßige Temperatur auf, welche etwa derjenigen des Bodens, also ungefähr der mittleren Jahrestemperatur des Ortes an der Oberfläche entspricht. Andere diesbez. Verhältnisse beweisen, daß das Grundwasser Beimengungen erhält, sei es durch Infiltration von Oberflächenwasser, sei es durch aus den Tiefen der Erde darin eintretendes Quellwasser. Einen großen Übelstand für das Grundwasser der norddeutschen Tiefebene bildet der starke Eisengehalt desselben, welcher verschiedentlich für manche Städte, die ihren Wasserbedarf aus Grundwasser decken, zur wahren Kalamität geworden ist und die Anlage besonderer Enteisenungsvorrichtungen bei den betreffenden Wasserwerken verursacht hat [3]). Soweit unsere Kenntnis von der

---

[1]) Untersuchungen über den Einfluß der physikal. u. chem. Eigenschaften des Bodens auf dessen Verdunstungsvermögen. (Wollny, Forschungen auf d. Gebiete der Agrikulturphysik, Bd. VII, 1884.)

[2]) Observations and Experiments on the fluctuation in the level and rate of groundwater on the Wisconsin agricult. experimentation farm, etc. (U. S. Dep. of Agriculture, Weather-Bureau, 3. Bullet., Washington, D. C. 1892.) (Nach W. Ule, Das Wasser im Boden.)

[3]) Siehe hier B. Fischers Abhandlung: Über das Grundwasser von Kiel mit besonderer Berücksichtigung seines Eisengehalts und über Versuche zur Entfernung des Eisens aus demselben. (Zeitschr. für Hygiene &c., 13. Bd. 1893.) Ferner: E. Rosenboom, Die städtische Wasserversorgung, Berlin, 1893.

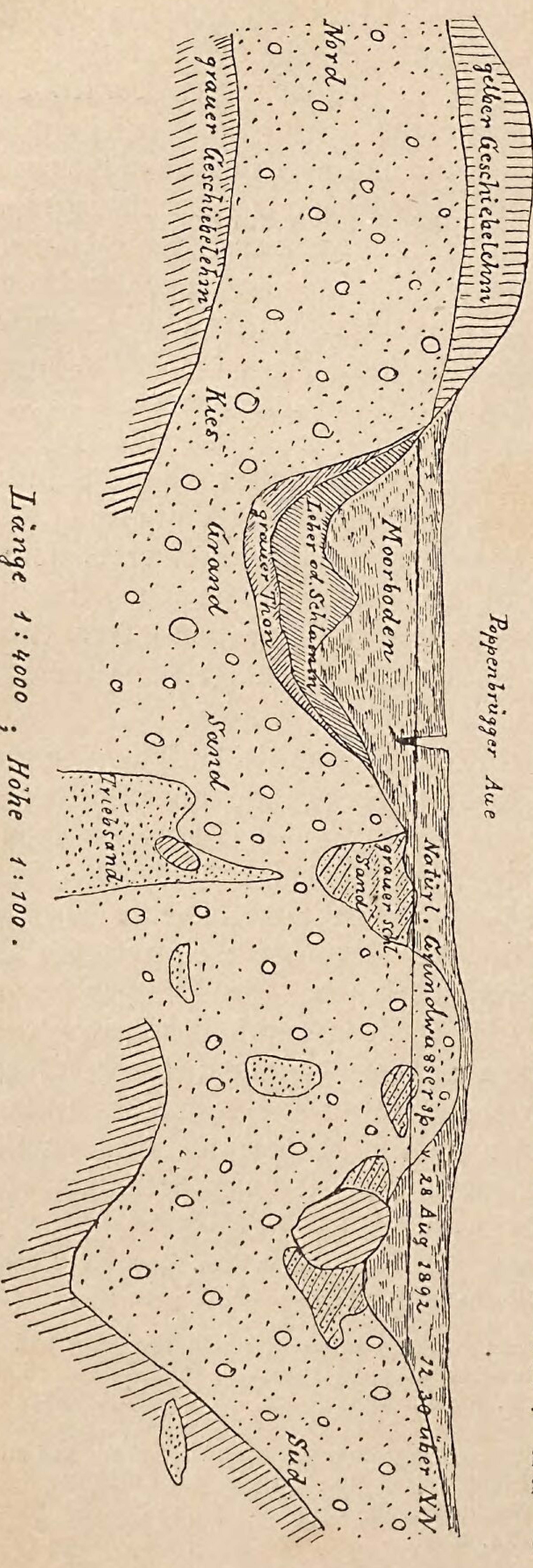


Fig. 40. Schnitt durch die neue Wasserfassungsanlage der Stadt Kiel im alten Eiderthale. Nach einer Skizze des Ingenieurs Prinz, Vertreters von A. Thiem. Man sieht die Mooreinlagerung über den diluvialen Sanden, den eigentlichen Wasserträgern.

Sache reicht, scheint dieser hohe Eisengehalt dem Grundwasser der geologisch ähnlich gebauten nördlichen und südlichen Vorlande der Alpen zu fehlen. Wir haben an anderer Stelle versucht, eine Erklärung für das stark eisenhaltige Grundwasser des Norddeutschen Schwemmlandes zu geben [1]), die wir hier wiederholen wollen. Daß ein großer, man kann sogar behaupten, der allergrößte Teil der tertiären Ablagerungen dieses Areals und auch noch ein Teil der diluvialen Gebilde selbst direkt auf lateritischen Detritus zurückzuführen sind, dürfte außer Zweifel sein. Indirekt ist in den diluvialen Ablagerungen allerdings mindestens ebensoviel lateritischen Materials enthalten, weil diese ersteren partiell auch aus aufgearbeiteten Tertiärschichten bestehen. Der Laterit ist aber besonders reich an Eisen=

[1]) Vorweltliche Lateritbildung in Skandinavien und ihre Beziehungen zum Tertiär und Diluvium Norddeutschlands. (Ausland, 1893, Nr. 11—12.)

verbindungen, u. z. in der Form von Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat. Daher zeigen denn auch die diluvialen Geschiebemergel, speziell lokal auch die diluvialen Sande einen großen Reichtum an Eisenmineralien, u. z. an Eisenoxydhydrat im besonderen. Der lokale Eisenreichtum der beregten Sande rührt davon her, daß diese letzteren die Auswaschungsprodukte des Geschiebemergels sind, unter Mitwirkung des Meeres- und des fließenden Wassers. In der Natur der Sache liegt es deshalb, daß diese Sande gerade im Gebiete diluvialer, resp. postglacialer und alluvialer Flußläufe sehr eisenführend sind. Aus alten Flußalluvionen und Schottern beziehen die hier in Frage kommenden norddeutschen Städte aber ihr Trinkwasser, und solchen Ablagerungen ehemaliger Flüsse sind vielfach Torf- und Moorbildungen eingelagert. Die in diesen letzteren verwesenden Pflanzenmassen wirken

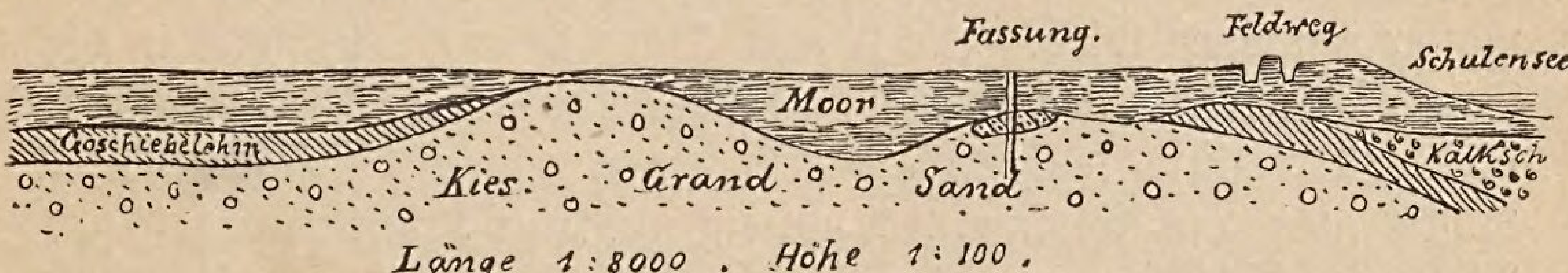


Fig. 41.

Schnitt senkrecht zur Wasserfassung Kiels, zur Erläuterung der gleichen Verhältnisse, wie die in Fig. 40 dargestellten. Nach einer Skizze des Ingenieurs Prinz, Vertreters von A. Thiem.

nun ungemein reduzierend ein auf die sonst kaum löslichen Eisenverbindungen, als auf das Eisenoxyd und dessen Hydrat, die in kohlensaures Eisenoxydul, eine im Wasser leicht lösliche Substanz, umgewandelt werden. In dieser Gestalt gelangt das Eisen in das Grundwasser; bei der Hebung dieses letzteren im Wasserwerk kommt es in Berührung mit der Luft, deren Sauerstoff dasselbe wieder oxydiert, so daß es nach Entweichen der Kohlensäure als Eisenoxydhydrat wieder ausfallen muß, ein Verderb für die Qualität des Wassers sowohl, als auch für die Röhren der Wasserleitung.

Der Einfluß des Grundwasserstandes auf die hygienischen Verhältnisse des Bodens, auf das Auftreten und die Ausbreitung der Seuchen, u. s. f. kann hier selbstverständlich nicht erörtert werden. Unsere sich hiefür interessierenden Leser seien dieserhalb auf die einschlägige Litteratur verwiesen, vor allem auf die mannigfachen Arbeiten, in welchen der bewährte und geistvolle Vorkämpfer dieser

Ansichten, der Geheimrat von Pettenkofer in München, unerschrocken und beharrlich dafür eingetreten ist[1]).

Zum Schluß sei hier noch eine kurze Betrachtung über den Einfluß des Meeresspiegels auf den Stand des in dem anliegenden Festlande vorhandenen Grundwassers angefügt. Es ist eine bekannte Thatsache, daß viele der in der Nähe des Meeres befindlichen Quellen mit der Ebbe und Flut fallen und steigen, oder daß ihre Ergiebigkeit mit dem Wechsel der Gezeiten ebenfalls variiert, selbst bei über dem Meeresspiegel liegenden Brunnen. Diese Erscheinungen finden natürlich nur ganz in der Nähe des Ozeans statt, auf weitere Entfernungen hin hat das Meerwasser auf das Grundwasser keinerlei Einwirkung mehr. Fig. 42 giebt ein anschauliches Beispiel dieser Verhältnisse. Wir sehen hier einen Durchschnitt durch die Dünenkette im Osten von Ostende in Belgien, die auf dem undurchlässigen Schwemmlande der Polders aufruht und von unten her vom Seewasser imbibiert wird. Die Niederschläge dringen ebenfalls in die Dünensande ein und bilden von obenher eine Schicht Grundwassers, die, weil spezifisch leichter, auf dem schwereren und salzigen Meerwasser gleichsam schwimmt. Die steigende Flut drückt mehr salziges Wasser in die Dünen ein, damit hebt sich also auch der Spiegel des darauf ruhenden Grundwassers, das aber seinerseits wieder auf das Meerwasser im Sande einen Druck ausübt und somit die hebende Wirkung der Flut etwas beeinträchtigt. Beim Beginn der Ebbe fließt das Salzwasser wieder ab, und dieser Vorgang wird um so mehr beschleunigt, als der Druck der darauf lastenden Säule süßen Grundwassers größer ist. Nahe am Meeresstrande wird das Salzwasser höher im Dünensand aufsteigen, als gegen die Polders hin, weil hier die Einwirkung der Gezeiten sich am stärksten fühlbar machen kann und weil hier der Gegendruck des Grundwassers auch

---

[1]) Hauptbericht über die Choleraepidemie des Jahres 1854 in München, München, 1857.
Über die Schwankungen der Typhussterblichkeit in München von 1856—57. (Zeitschrift für Biologie, Bd. IV.)
Fünf Fragen aus der Autiologie der Cholera. (In: Pappenheims Monatsschrift für exakte Forschungen auf dem Gebiet der Sanitätspolizei, 1859.)
Zum gegenwärtigen Stand der Cholerafrage, München 1873 und 1887; u. s. f., u. s. f., auch
Über Cholera, mit Berücksichtigung der jüngsten Choleraepidemie in Hamburg. (Münchener medizinische Wochenschrift, 39. Jahrg. Nr. 46, 1892.)
Dann zahlreiche Arbeiten von Schülern Pettenkofers, so von Soyka: Zur Epidemiologie und Klimatologie von Frankfurt a. M. (Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege 1887.) Ferner:
A. Penck: Der Boden in anthropogeographischer Hinsicht. (Beilage zur Münchener Allgem. Zeitung, 1887, Nr. 199.)

am geringsten sein wird. Daher wird die Oberfläche des Salzwasserspiegels im Dünensande auch eine konkave Fläche bilden müssen, wie in Fig. 42 ersichtlich ist[1]). Auf Norderney haben die dortigen Grundwasseruntersuchungen nach Ule ähnliche Verhältnisse ergeben. Auf Salzwasser stieß man dort erst in um so größerer Tiefe, je höher die Süßwasserschicht sich über den Meeresspiegel erhob. Da nun diese sich annähernd den Unebenheiten der Oberfläche anschmiegte, so ergab der Spiegel des Salzwassers gleichsam ein Spiegelbild derselben, indem jedem Hügel eine Senkung, jedem

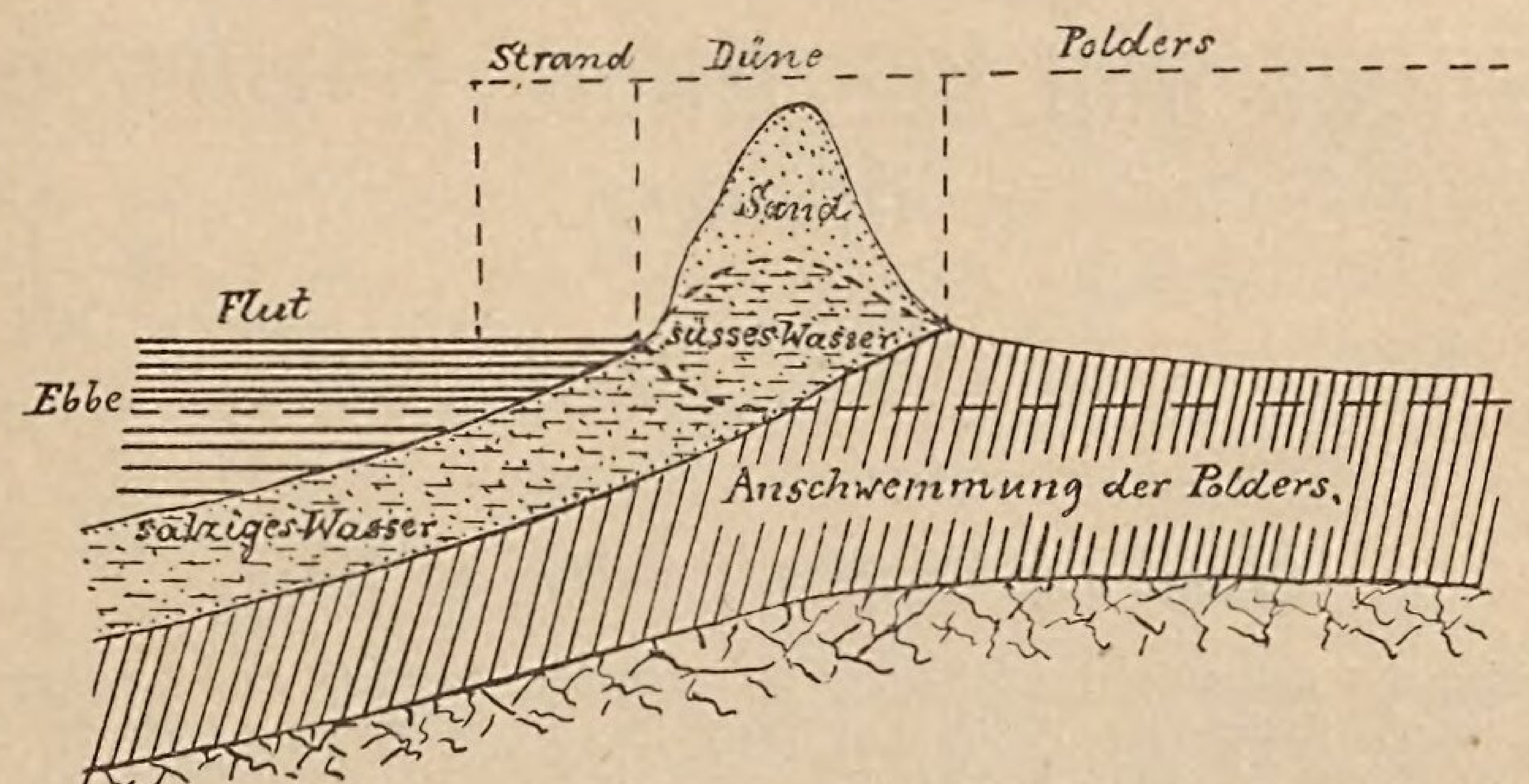


Fig. 42.
Schnitt durch die Dünen bei Ostende. Nach Verstraeten. Zeigt die wechselseitige Einwirkung des Meeres- und Grundwassers auf einander.

Thale eine Erhebung des ersteren entsprach[2]). Die Brunnen Sylts und Föhrs geben gutes Süßwasser, aber bei südwestlichen Stürmen und Fluten zeigen sogar die 25—30 Meter tiefen Brunnen der hochliegenden Dörfer Braderup und Kampen an der Nordseite Sylts ein Anschwellen des Wassers, ein Brausen der Luft nach oben, so daß bisweilen die schwersten Brunnendeckel emporgetrieben werden. Bei Ost- und Nordwinden dagegen entsteht in diesen Brunnen ein Luftzug nach unten und das Wasser fällt dann in gleicher Weise, wie der Spiegel des benachbarten Meeres[3]).

[1]) Gleiches muß nach den Berichten von J. Schumann auf der Halbinsel Hela in Westpreußen der Fall sein. (Geolog. Wanderungen durch Altpreußen, Königsberg, 1869, pag. 47 ff.)

[2]) Das Wasser im Boden, loc. cit.

[3]) Ausland, 1865, pag. 1199 ff.

Fünfter Abschnitt.

Etwas von der Kunst, Quellen zu finden.

Sechzehntes Kapitel.

Etwas von der Kunst, Quellen zu finden.

Des Vitruvius und anderer Schriftsteller des Altertums Ansichten über das Auffinden von Quellen. Einige neuere Autoren hierüber. Von der Wünschelrute. Die Thätigkeit des Abbé Paramelle. Über die Bedeutung und den Wert der geologischen Wissenschaft für die Wasserprognose. Schluß.

Der Verfasser des Werkes „De Architectura“, Marcus Pollio Vitruvius, ein Zeitgenosse des Kaisers Augustus, erwähnt in seinem ebengenannten Buche[1]) auch der ihm bekannten Mittel, um das Vorhandensein des Wassers im Innern der Erde zu erkennen. „Um die Orte, woselbst sich Wasser findet, zu erkennen“, so sagt er, „muß man sich etwas vor Sonnenaufgang auf den Bauch legen und, indem man das Kinn da auf die Erde stützt, woselbst man das Wasser sucht, auf dem Boden entlang bleiben. Dadurch, daß das Kinn einen festen Stützpunkt hat, wird das Auge verhindert, sich höher, als nötig ist, zu erheben, der Blick dagegen wird sich in der Horizontalen ausdehnen. Sieht man nun an irgend einem Punkte feuchte Dunstwellen aufsteigen, so muß man ebenda nachgraben, denn solches findet sich nie an Orten ohne Wasser. Man muß außerdem die Beschaffenheit des Erdbodens genau beobachten, wenn man Wasser sucht, weil dieses an manchen Orten reichlicher als an anderen vorkommt. Das Wasser, welches man in der Kreide

---

[1]) l. VIII, c. 1.

findet, ist niemals reichlich oder gar wohlschmeckend, im Flugsand zeigt es sich nur in geringen Mengen und wird sogar schlammig und von unangenehmem Geschmack, wenn man es aus größeren Tiefen herausholt. In der schwarzen Erde ist das Wasser besser, wenn es seine Bildung den Winterregen verdankt, welche, nachdem sie in den Boden eingedrungen sind, sich an festen und nicht wasser-aufsaugenden Orten ansammeln. Das Wasser, das in sandiger Erde entsteht, von Art derjenigen, welche sich an den Flußufern findet, ist ebenfalls sehr gut, aber in geringer Menge vorhanden, und seine Adern fließen nicht beständig" u. s. f.

„Es giebt", so fährt Vitruvius an einer etwas weiteren Stelle fort, „auch noch andere Zeichen, an denen man die Orte erkennen kann, wo sich Wasser findet; sieht man nämlich kleine Binsen, Weiden, Schilfe, Epheu und andere Pflanzen, die nur an feuchten Orten entstehen und fortkommen, irgendwo wild wachsen, so läßt sich dort auf Wasser schließen. Doch darf man diesen Pflanzen nicht trauen, wenn sie in Sümpfen wachsen, welche, da sie den tiefliegendsten Teil der ganzen Landschaft bilden, alles in der Umgegend und im Winter niederfallende Regenwasser aufsaugen, um es lange Zeit aufzubewahren. Wenn aber solche Pflanzen an nicht sumpfigen Orten wild wachsen, so kann man dort nach Wasser suchen. In Ermangelung dieser Anzeichen läßt sich noch folgende Probe anstellen. Man gräbt in der Erde ein wenigstens 3 Fuß breites und 5 Fuß tiefes Loch und stellt auf dessen Boden eine Schale oder ein Becken von Erz, was einerlei ist. Nachdem man die Schale innen mit Öl ausgestrichen und umgestürzt hat, wird die Höhlung erst mit Schilf und Blättern und zuletzt noch mit Erde bedeckt. Hängen am nächsten Morgen im Innern der Schale Wassertropfen, so befindet sich Wasser an diesem Orte. Oder auch man legt ein Gefäß von ungebrannter Erde in die Grube, die man auf die beschriebene Weise zudeckt; giebt es an diesem Orte Wasser, so wird das Gefäß von Feuchtigkeit durchdrungen sein; läßt man in der Grube Wolle liegen, und läuft am nächsten Morgen Wasser aus ihr heraus, so ist das ein Zeichen, daß es sehr viel davon an diesem Orte giebt."

Wir müssen uns versagen, auf die weiteren Mittel einzugehen, welche nach Vitruvius noch ferner dazu dienen sollen, den Nachweis für das Vorhandensein von Wasser im Erdinnern zu führen, Mittel, an deren Wirkung auch der ältere Plinius geglaubt hat. Diesem letzteren verdanken wir übrigens noch eine Reihe anderer,

womit wir uns ebenfalls nicht genauer beschäftigen können. Im XXXI. Buche seiner Historia naturalis und noch an anderen Stellen seiner Schriften ist Näheres darüber nachzulesen. Auch in des Palladius Abhandlung: „De re rustica“ ist einiges über die Art und Weise, Wasser aufzuspüren, angeführt, ebenso soll Cassiodorus in seinen Schriften verschiedentliche diesbezügliche Winke gegeben haben[1]. Daß der gelehrte und in diesem Buche schon mehrfach genannte Jesuitenpater Athanasius Kircher dieser Frage in seinem „Mundus subterraneus“ nähertrat, das ist selbstverständlich, wie sich denn auch der Verfasser der „Architecture hydraulique“[2]) Bernard Forêt de Bélidor viel damit beschäftigte. Die letztgenannten und noch andere Schriftsteller aber wiederholen eigentlich nur das, was schon vor ihnen Vitruvius und Plinius gesagt hatten, ebenso werden in der „Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et métiers“ bei den Artikeln „abreuver“ und „source“ teilweise wieder dieselben Mittel angegeben. So lesen wir in besagtem Werke beim erstgenannten Artikel wie folgt:

„Wenn man, nachdem man sich kurz vor Sonnenaufgang mit dem Bauch auf die Erde gelegt und, das Kinn aufgestützt, über die Oberfläche der Landschaft hingesehen hat, von irgend einem Punkt Dunstwolken aufsteigen sieht, so mag man dort mutig graben. Der Monat August eignet sich zu diesem Versuch am besten“ u. s. f. Der Verfasser des Artikels „abreuver“ teilt ferner mit, daß diejenigen Orte, wo man häufig Frösche hocken und sich gegen die Erde drücken sieht, unzweifelhaft über Quellenverzweigungen liegen, ebenso diejenigen, woselbst Rohr, Schilf, wilder Balsam, Sumpfpetersilie und noch andere Wasserpflanzen mehr wachsen. Auch die Binsenwahrheit, daß am Fuße der Berge, zwischen Gesteinen und Kieseln die Quellen reichlicher, frischer, gesunder und häufiger flößen, als anderswo, wird uns vom gleichen Autor aufgetischt, und zwar vorzüglich am Fuße der nach Norden belegenen oder dem Regenwind ausgesetzten Abhänge, u. s. f.

Originell ist die Anleitung zum Quellensuchen, welche wir dem Verfasser des Artikels „source“ in der Encyklopädie zu verdanken haben. „Wenn man spät am Abend oder früh am Morgen an demjenigen Orte, woselbst man Wasser zu finden hofft, ein Loch ins Erdreich gräbt und das Ohr, oder noch besser die breite Öffnung

---

[1]) Mir persönlich sind diese Stellen im Cassiodorus nicht bekannt.
[2]) Paris, 1737—1753.

eines Papiertrichters, dessen Spitze im Ohr liegt, daran legt, so wird man, wenn an diesem Orte oder dicht daneben und in nicht zu großer Tiefe unter der Erde Wasser fließt, dasselbe leise murmeln hören; stagniert aber das Wasser im Erdinnern, so ist dieser Versuch nutzlos."

An die Wirkung der Wünschelrute haben die Encyklopädisten nicht geglaubt, wie aus den darin enthaltenen Worten hervorgeht: „Von der Wünschelrute lassen sich übrigens nur Narren anführen, und nur abergläubische Quellensucher oder Charlatane dürfen es wagen, sie anzuwenden[1]". Und doch hat man von Alters her in die Eigenschaften dieses Instruments Vertrauen gesetzt, wie es auch heute noch Leute genug giebt, und zwar nicht etwa nur solche abergläubische Quellensucher oder Narren, welche von dessen geheimnisvoller Kraft fest überzeugt sind. Noch in höherem Maße, als in der Gegenwart, war das in früheren Jahrhunderten der Fall, denn „ihre Fernfühlung auf Erzadern und Metalle machte sie seit langer Zeit vornehmlich dem Bergmann so unentbehrlich, wie Schlägel und Hammer. Sie war die Zuflucht betrübter Erben, welche nach dem Schatze, welchen der Verstorbene verscharrt haben sollte, vergeblich umherspürten, wie der Trost des besorgten Hausherrn, welcher das Haus früher als den Brunnen gebaut, und in ihr die einzige Hoffnung sah, den Ort des fehlenden Quellwassers zu ergründen[2]".

Der Gebrauch der Wünschelrute soll bereits im Flügelstabe des Hermes ihren Urahn gehabt haben[3], nach Anderen wurde die erste Wünschelrute von Adam aus dem Baume des Lebens und der Erkenntnis geschnitzt, um nachher in den Besitz von Moses zu gelangen, welcher damit Wasser aus dem Felsen schlug. Die Scythen, so wird von Herodot[4] erzählt, haben Wünschelruten von Weidenholz gebraucht, um damit wahrzusagen, auch gewisse religiöse Gebräuche unserer Altvordern mögen auf ähnliche Verhältnisse

[1]) Beim Artikel: „abreuver".

[2]) Carus Sterne (Dr. E. Krause): Die Wahrsagungen aus den Bewegungen lebloser Körper unter dem Einfluß der menschlichen Hand (Dactylomantie). Weimar, B. F. Vogel, 1862. Diesem schönen kleinen Werke sind mehrere der hier angeführten und auf die Wünschelrute bezüglichen Daten entnommen, wie denn auch der Verfasser dem Autor desselben für frdl. Angabe weiterer die Wünschelrute betreffender Litteratur verpflichtet ist.

[3]) J. Grimm: Deutsche Mythologie, 1844, pag. 926 (nach C. Sterne). Schon vor Grimm hat M. P. Eichholtz, Pastor zu Zellerfeld, in seinem Buche: „Geistliches Bergwerck" diese Ansicht ausgesprochen, wie Wille berichtet in: Vera virgulae mercurialis relatio, d. i. wahrhafftiger und gründlicher Bericht von der Wünschelruthen, Jena, 1686, pag. 55.

[4]) Histor. IV, 67.

zurückzuführen sein[1]). Die deutsche Bezeichnung der Wünschelrute wird von „wünschen" abgeleitet, was so viel wie „Zaubern" bedeuten soll, nach Wille[2]) käme der Name davon, daß man den Zauberstab anwendet, „wann ihme einer wünschet etwas zu erfahren oder haben, oder von Winden, weil sie sich in der Hand drähet und windet". Auch als Wickerrute hat man die Wünschelrute bezeichnet, „sintemal Wicken das alte Teutsche oder Nieder-Sächsische Wort so viel ist und bedeutet, als wahr- oder hersagen, von dem, was etwan verborgen ist, und einer zu gewarten hat" [3]). Die Franzosen sprechen von der Wünschelrute als von der „baguette divinatoire" oder nur kurzweg von der „baguette", die Italiener nennen dieselbe die lichtgebende oder zitternde Rute „verga lucente, verga trepidante", das Mittelalter hat sie „virga metalloscopia seu aurifera", die goldbringende, die metallzeigende, oder auch „virgula mercurialis", weil man sie vom Merkur[4]) ableitete, schließlich „divina" die Wahrsagerin genannt, wie Wille bemerkt: „Und scheint, ob dieser Nahme „Divina" noch von denen Heyden herrühre, weil diese Divinae bei ihnen in großen Gebrauche gewesen seyn".

Carus Sterne hat sich in seinem schon weiter oben citierten Buche bemüht, den Beweis dafür zu erbringen, daß die Wünschelrute mitteleuropäischer Herkunft und von da leicht in das deutsche Heidentum übergegangen sei, wie denn auch J. Grimm als gewiß bezeichnet hat, daß schon im 11. Jahrhundert dieses Instrument im Aberglauben unserer Vorfahren eine Rolle spielte, um sich von da an in der heimischen Litteratur nicht mehr zu verlieren. „Den Gipfelpunkt ihres Ruhmes", so äußert sich der erstgenannte Gelehrte, „möchte die Rute im 15. Jahrhundert erreicht haben, denn damals war ihr Gebrauch so allgemein, wie der des Bratspießes, sie war gleichsam unter das gewöhnliche Hausgerät aufgenommen. Drei Professionen konnten garnicht ohne dieselbe bestehen, die Pumpen- und Brunnenmeister, die Bergleute und die Schatzgräber, ja das Rutengehen und das Rutenschlagen wurde selbst Erwerbszweig, und Hunderte solcher Künstler reisten auf diese Geschicklichkeit durch das Land. Im Jahre 1490 erschien bereits ein ausführliches Lehrbuch über die Rutenschlägerei in 7 Kapiteln

---

1) Tacitus, De Germania, X; Cäsar, De bello gallico, I, 51.

2) loc. cit.

3) Wille, loc. cit.

4) Vulgo vocatur Mercurialis. Forte a Stella, Mercurio sic dicta, cujus naturam aſſumit, quae potentissimi sit effectus, nam Flatus generat, Motus procreat u. s. f. Wille, loc. cit.

von Basilius Valentinus, und Theophrastus Paracelsus redet wie von einer allgemein bekannten Sache darüber[1])[2])."

Um darüber, zu was allem die Wünschelrute gebraucht wurde, Bericht zu erstatten, dazu fehlt uns hier der Raum, und wir müssen dieserhalb die Interessenten verweisen auf die schönen und ausführlichen Darstellungen von Carus Sterne. Uns beschäftigt hier nur die Eigenschaft der Wünschelrute, unterirdische Wasserreservoire und dem menschlichen Auge verborgene Quelladern zu entdecken. Während heutzutage die Wünschelrute für die vielen Fälle, wozu dieselbe in früheren Zeiten in Anwendung gelangte, wohl kaum mehr gebraucht werden dürfte, tritt sie als Quellensucherin doch hie und da auch in unserer aufgeklärteren Zeit noch in Thätigkeit. Es ist schwer, sich ein objektives und richtiges Urteil darüber zu bilden, ob alle die Leistungen, welche mit der wasserschlagenden Rute ausgeführt wurden, ins Reich der Fabel und der Mythe und in das Kapitel vom Betrug zu versetzen sind, oder nicht. Gerade hier sind so eigentümliche und bisweilen geradezu verblüffende Resultate zu verzeichnen, daß man wohl kaum berechtigt sein dürfte, alle diese Fälle als Humbug und als Hokus-Pokus anzusehen, ohne das Kind mit dem Bade auszuschütten. Es ist ja mit recht vielen Dingen so gegangen, deren problematische Natur bald begeisterte Anhänger fand, bald höhnisches Achselzucken hervorgerufen hat. Wir erinnern nur an gewisse psychische Vorgänge, wie diejenigen der Gedankenübertragung und des Hypnotismus, oder an rätselhafte Tiere, wie die Seeschlange. An der Möglichkeit, Gedanken zu übertragen oder einen Menschen zu hypnotisieren, wird heute wohl niemand mehr zweifeln, und was die Seeschlange anbetrifft, so hat es heutzutage allen Anschein, als ob in den Tiefen der Ozeane wirklich Ungeheuer, wenn auch keine Schlangen, sondern riesige Kraken, hausen. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß bei allen den Fällen der Quellenfindung, wobei die Wünschelrute in Anwendung kam und die thatsächlichen Erfolg hatten, die occulten Kräfte des Zauberstabes zur Geltung gekommen sind, und wir wollen uns im Voraus energisch gegen den Vorwurf wahren, als ob wir an übernatürliche

---

[1]) De ocult. philosoph. Argentorati, 1574, pag. 455.

[2]) Über die wichtige Litteratur über die Wünschelrute siehe in: Die Litteraturgeschichte der Wünschelrute, vom Freiherrn Chr. von Aretin, München, 1807, im Neuen litterarischen Anzeiger, 1807, pag. 305—477. Auszug hiervon in: Gilb. Annal. XVII, 158 u. 482, dann im Gothaischen Taschenbuche 1809, pag. 1—19. Ein hochinteressantes Buch über diesen Gegenstand ist auch ein anonym bei Andreas Otto in Nürnberg anno 1694 erschienenes, betitelt: Beschreibung von der Wünschelruthe.

Eigenschaften der Wünschelrute glaubten. Daß viel Schwindel damit getrieben worden ist und noch getrieben wird, darüber sind wir uns auch klar, und daß so mancher Brunnengräber und Quellenfinder von großem Ruf sich der Wünschelrute nur darum bedient hat, um den Dummen, die nie alle werden, Sand in die Augen zu streuen und sich bei diesen in den Geruch zu bringen, mit geheimnisvollen Kräften in Verbindung zu stehen, und dadurch sein Ansehen zu erhöhen, das ist uns aus eigener Erfahrung bekannt. So hat vor einer Reihe von Jahren im Lande Schleswig-Holstein ein Mann gelebt, der im Rufe eines ausgezeichneten Quellenfinders stand und stets mit der Wünschelrute operierte. Nur selten hat ihn der Erfolg im Stich gelassen. Die über jeden Zweifel erhabene ganz außerordentliche Fähigkeit des Betreffenden, diejenigen Stellen anzugeben, woselbst ein Brunnen mit Aussicht auf Erfolg niedergestoßen werden konnte, beruhte auf seiner gründlichen Kenntnis der Bodenschichten seines Heimatlandes, welche zum allergrößten Teil den Diluvialablagerungen angehören. Diese treten hier unter Lagerungsverhältnissen auf, welche einen mit der Sache vertrauten und einen geschärften geologischen Blick besitzenden Mann mit ziemlicher Sicherheit erkennen lassen, an welchen Orten Aussicht auf Erschließung einer Grundwasser führenden Schicht zu finden ist. Der Autor dieses Buches ist einmal Zeuge von des Erwähnten Thätigkeit mit der Wünschelrute gewesen und hat mit eigenen Augen gesehen, wie die Wünschelrute mit scheinbar großer Gewalt zum Erdboden hinabgezogen wurde und mehrmals kräftig auf denselben aufschlug. Als aber der Verfasser selbst die Weidenrute in die Hand nahm und über dieselbe Stelle dahinschritt, rührte sich das Instrument nicht im geringsten in seinen Händen.

Zu den begeistertsten Anhängern der Wünschelrute gehört der Franzose Thouvenel, welcher mit Hilfe eines ihm als Medium dienenden Hirten aus der Dauphiné eine große Anzahl erfolgreicher Experimente damit angestellt hat und bei Personen mit reizbaren Nerven eine besondere Kraft entdeckt zu haben glaubte, die er mit den magnetischen und elektrischen Kräften für nahe verwandt, wenn auch nicht für identisch hielt. Die Nähe von Mineralwassern, von fließendem Wasser u. s. f. sollte sich in besonderer Weise bei diesen Personen äußern [1]).

---

[1]) M. Thouvenel, Mémoire physique et médicinal montrant des rapports évidents entre la baguette divinatoire et les phénomènes du magnétisme et de l'éléctricité, Paris, 1780, u. s. f. Weiteres über Thouvenel siehe in dem erwähnten Buche von Carus Sterne.

Der schon mehrfach genannte Wille behandelt ebenfalls die Frage „Ob denn das Ruthen gehen, oder die Wünschelruthe an und vor sich selbst natürlich sey?“, und kommt dabei zu dem Schluß, daß es nichts anderes ist, „als eine natürliche Kunst und Wissenschaft“. Nach dem Sündenfall ist des Menschen Verstand „gleichsam mit einem dunckelen Gewölcke der Unwissenheit überzogen, also gar, daß er die Creaturen und Geschöpfe Gottes nach ihrer Natur und Qualität nicht genugsam erkennen kann“. Durch des Teufels List wurde der Mensch betrogen, die große Güte Gottes aber hat der Macht der Finsternis Einhalt geboten „und gewehret, das Licht der Natur bey dem Menschen nicht gantz und gar auszulöschen, auf daß die Magnalia Dei, welche in denen Arcanis und Mysteriis, so in dem Buche der Natur verborgen ruhen, nicht unbekandt bleiben möchten“. Gute Geister erlauben den Menschen auch fürderhin noch, solche Arcana und Mysteria zu ergründen, und dergleichen Leute können nachher, „als mit einem perfecten Verstand bedacht der Natur und ihrem täglichen Lauf höher als andere Menschen nachdenken“, und durch diese Eigenschaften besondere Mittel finden, „dadurch große Sachen verrichten, welches hernach bei denen Unerfahrnen unmüglichen zu seyn erscheinet“.

Wie muß nun die Wünschelrute beschaffen sein? Christoph Herttwig[1]) definiert dieselbe folgendermaßen: „Ist eine zwißlichte Ruthe von Holtz, Messing[2]), oder andern Metall, womit ein Ruthen-Gänger, wenn er solche mit beyden Händen auffrecht fasset, die Ertze oder Gänge suchet, und durch den Schlag der Ruthe, wo sie unterwerts drehet, die Gänge ausgehet, daß man darauff einschlagen oder niederschürffen kann“. Wille sagt über die Gestalt der Wünschelrute: „Die meisten sind der Meinung, daß sie müsse drey Enden haben, deren zwey von dem Ruthengänger mit beyden Händen müssen gefasset werden, das dritte aber müsse auffwärts stehen. Sonsten ist sie gestalt wie das Y.Λ. oder Litera Pythag. Per Praxin aber hat man allhier erfahren, daß solches nicht nur gethan zwiefeltige Ruthen; sondern es hat

[1]) Ch. Herttwig, Stadtsyndicus und Bergassessor zu Freiberg: Neues und vollkommenes Bergbuch, u. s. f. 2. Aufl. Dresden u. Leipzig, 1734. Der genannte Autor betont, „daß hin und wieder viel Disputierens darüber getrieben würde, ob es mit der Wünschelruthe natürlich zugehe“.

[2]) Eine solche ist heute noch in Lübeck im dortigen Museum zu sehen. (Mecklenb. Jahrbücher XVI. B. 39.)

auch geschlagen eine einfache Sommerlatte[1]), wenn man sie zusammen gebeuget, und mit beyden Händen gehalten hat. Ueber dieses so hat man die Ruthen entzwey gerissen, und wieder zusammen gehalten, und dennoch hat sie geschlagen, man hat sie geschälet, den Kern herausgenommen, in Stücken zerbrochen, doch daß man solche noch in beyden Händen halten können, dieses alles, wie jetzt erzehlet, ungeachtet, so haben doch die Particulen geschlagen, über welches Wunder sich höchlich zu verwundern gewesen" [2]).

Mit Vorliebe nahm man die Weißhasel zum Anfertigen von Wünschelruten — auch in der Gegenwart schneidet man sie noch aus dem Holz dieses Strauches[3]) —, doch wurden auch Äste und Zweige der Feldrose, des Maßholders[4]), der Weide, sogar Mispelzweige dazu gebraucht. Man schneidet die Wünschelrute[5]) besonders gern am Charfreitag, oder auch am „neuen Sonntag"; sie kann übrigens auch an jedem Neumond oder am Johannistage zurechtgemacht werden, womöglich in drei Schnitten und mit einem noch ungebrauchten Messer. Ferner muß das Instrument dann auch gleich getauft werden. Will man Gold suchen, so nennt man sie Kaspar, Balthasar zum Silbersuchen, u. s. f.[6]). Ein frommer Spruch darf beim Schneiden der Wünschelrute ja nicht fehlen. In den Alpenländern geschieht dies mit den Worten: „Ich schneide Dich, liebe Ruten, daß Du mir mußt sagen, um was ich Dich thu fragen, und Dich so lange nicht rühren, bis Du die Wahrheit thust spüren" [7]). Die allerwirksamsten Wünschelruten sollen die von zweijährigen Bäumen oder Sträuchen geschnittenen sein, und durch

---

[1]) Sommerlatte nach der Definition Willes a. a. O. „ein Jahrgewächse einer Stauden, das man sonsten eine Sommerlatte nennet".

[2]) G. Agricola (Lib. II, pag. 30) und nach demselben Lohneysen (Bergbau, pag. 15) sind der Meinung, das Rutengehen sei ein zauberisches Ding und es sei einerlei, wie die Rute beschaffen sei und von woher sie komme. Wichtig dagegen für ihre Zauberkraft seien die Worte und Sprüche, welche beim Schneiden gesprochen würden.

[3]) Dr. L. Freytag, Die Göttin Bercht-Holda, u. s. f. Zeitschrift d. deutsch-österr. Alpenvereins, 1881, pag. 350, u. Derselbe, in: Pflanzen-Aberglauben in den Alpen, in: Am Urds-Brunnen, Mitth. für Freunde volksthümlich-wissenschaftl. Kunde, 7. Jahrg. 1888—89, pag. 37.

[4]) Der Maßholder soll die besten Wünschelruten geben und besser schlagen, als die Haselstaude, „besonders gut schlägt der krauße, so an Wasserströmen wächset, auf Wasserquellen und Gänge". (Wille, loc. cit.)

[5]) Solche von der Weißhasel besonders da, wo dieser Strauch an Kreuzwegen wächst. Da ist sie dann von erhöhter Wirksamkeit.

[6]) Man hat sogar für die verschiedenen aufzuspürenden Metalle Ruten verschiedener Bäume genommen, so die Hasel für Silber, für Blei Fichtenzweige, u. s. f. Siehe hierüber bei Carus Sterne, loc. cit.

[7]) Freytag, loc. cit.

Einritzen oder Einschneiden von Runen und anderen Zeichen wird die Kraft der Instrumente noch erhöht.

Um nun auf die Gestalt der Wünschelrute zurückzukommen, so war und ist dieselbe entweder ein einfacher Stab oder ein gegabelter Zweig. Der letztere Fall ist augenscheinlich der häufigere. „Die beiden Gabelenden (Zwisel, Hörner) der Rute werden dergestalt in die Hände genommen, daß die Finger nach oben gerichtet, die äußeren Handflächen dem Boden zugekehrt sind. Der Stamm der Rute muß zwischen den Händen in die Höhe, und von der Brust des Trägers etwa um einen Fuß abstehen[1]." (Siehe die Figur 43.) Die stabförmigen Ruten werden gehalten, wie dies Fig. 44 zeigt. Man biegt den geraden Stab, dessen beide Enden in den Händen gehalten werden, ein wenig zusammen, und trägt denselben horizontal. Ist das Gesuchte zu finden, so neigt er sich zur Erde. Auch ein etwa eine Elle langer und von Natur etwas gekrümmter oder gebogener Stab aus hartem Holz ist als Wünschelrute verwendet worden. Derselbe mußte dann frei auf den ausge-



Fig. 43.
Rutengänger mit der gegabelten Wünschelrute. Nach Carus Sterne.

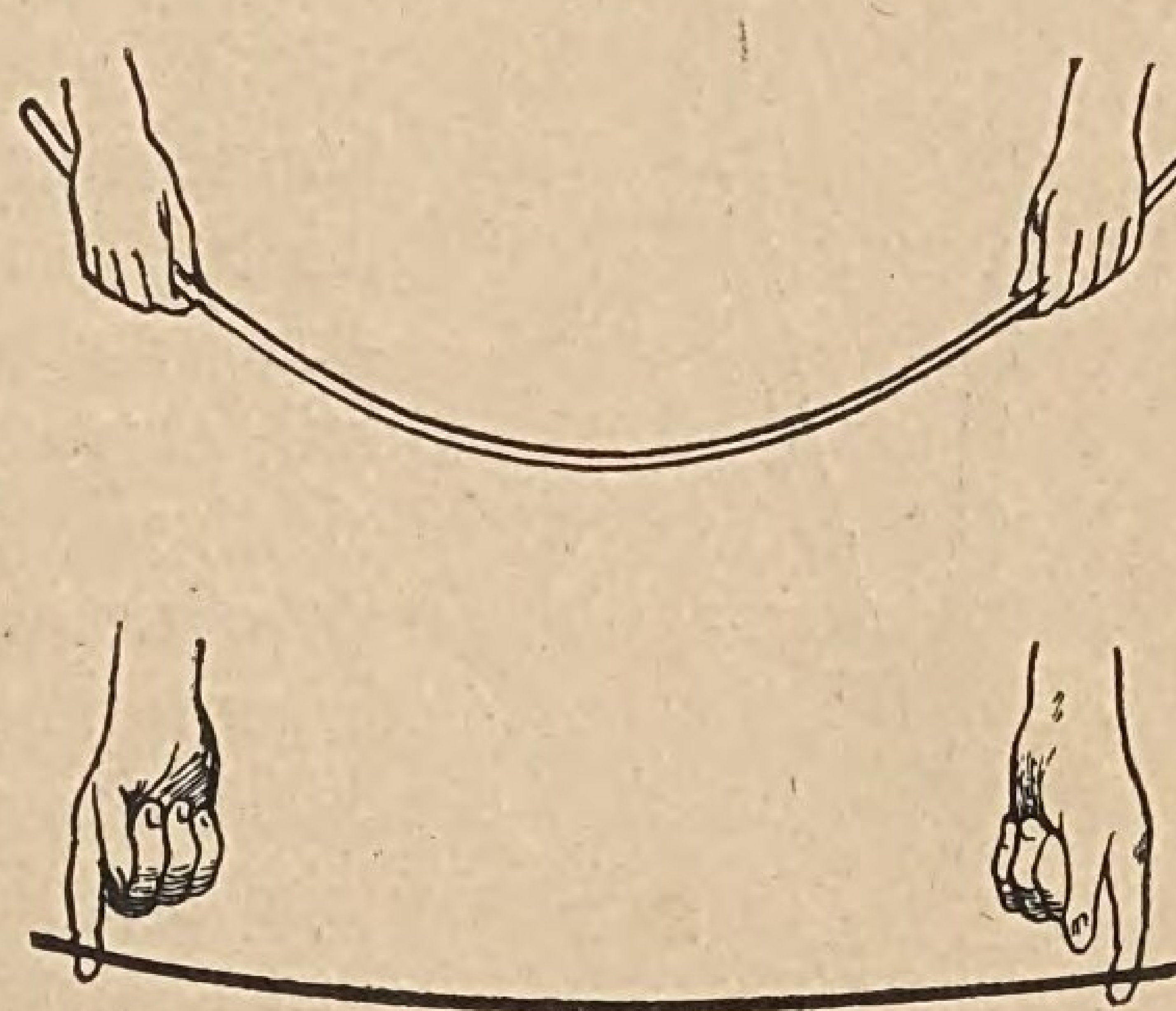


Fig. 44.
Verschiedene Anwendungsweise der stabförmigen Wünschelrute.

[1]) Carus Sterne, loc. cit. pag. 87, und pag. 101, wie folgt: „Die ungeschickteste Art, die Ruthe anzufassen, ist jedenfalls die, wo die beiden Zinken der Gabel nach oben in beiden Händen gehalten werden, so daß der Stiel herabhängt, und sich beim Schlagen

streckten Zeigefingern der beiden Hände ruhen und wandte sich bei Annäherung an die Metall- und Wasseradern von selbst herum (Fig. 44 S. 193). „Zum Wasserspüren ist nach Roger Baco ein ellenlanger fingerdicker Apfelzweig erforderlich, der auf dem Rücken der flachen Hand im Gleichgewicht getragen wird, wobei man langsam dem Orte sich nähert, an welchem man Wasser vermutet. Der Stab neigt sich alsdann zutreffenden Falles auf der einen Seite tief zur Erde" (C. Sterne). Soviel von der Wünschelrute!

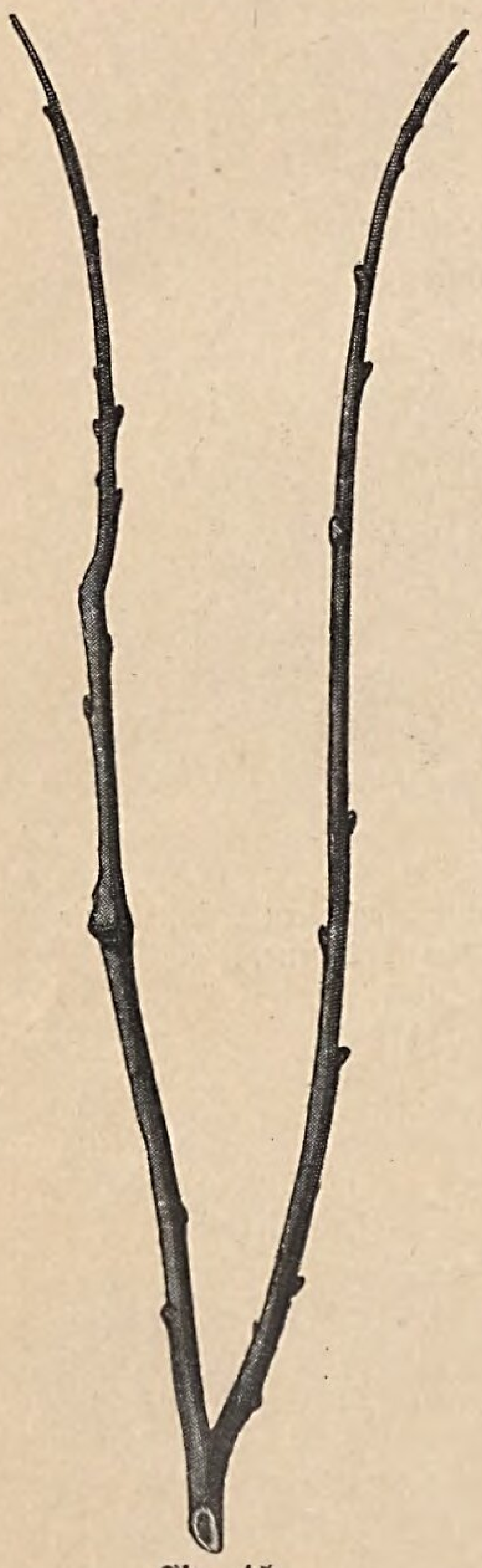


Fig. 45.
Wünschelrute aus dem Kirchspiel Skatelöfs, Alboharde, Småland in Schweden. Im nordischen Museum zu Stockholm.

Bereits im vierten Kapitel dieses Buches haben wir den Abbé Paramelle erwähnt. Sein Buch über die „Quellenkunde, Lehre von der Bildung und Auffindung der Quellen" hat s. Z. großes Aufsehen erregt und ist auch in Deutschland in einer vom berühmten Freiberger Meister Bernhard von Cotta bevorworteten Übersetzung viel verbreitet gewesen, die mehrere Auflagen erlebt hat[1]). „Die Begabung Herrn Paramelles für Auffindung unterirdischer Wasserläufe war, wie es scheint, durch langjährige Übung in einer Art entwickelt, daß sie an das Wunderbare grenzt, obwohl sie in Wirklichkeit nur auf einer sehr geschickten Anwendung richtiger Prinzipien und unzähliger Erfahrungen beruht, aus denen jene erst hervorgingen[2])." Viel Segen hat der Abbé Paramelle mit seiner Kunst über sein Vaterland Frankreich gebracht. In den wasserarmen Gegenden im südlichen Teil dieses Landes hielt man ihn zuweilen für einen mit Zauberkraft begabten und von Gott gesandten Mann, so groß war

---

erheben muß, während er sich sonst dem Funde zuwendet, als wolle er angezogen darauf hinzeigen".

[1]) Leipzig, bei J. J. Weber, 1865. 2. Aufl.

[2]) B. von Cotta in sr. Vorrede zur 2. Aufl. von Paramelles „Quellenkunde".

der von seiner Persönlichkeit ausgehende Einfluß und so von Erfolg gekrönt war seine Thätigkeit[1]). Im Verlaufe einer 25jährigen Arbeitszeit hat Paramelle nach seinen eigenen Aufzeichnungen 10275 Untersuchungen und Bestimmungen zum Quellenfinden gemacht, und er nimmt an, daß mindestens 8—9000 Brunnengrabungen danach vorgenommen worden sind. Von 338 von ihm angestellten diesbezüglichen Untersuchungen im Dep. du Lot hatten 305 den schönen Erfolg, „gesunde und starke Quellen zu Tage zu legen, die alle in den bestimmten oder in geringeren Tiefen gefunden wurden, als die Angabe besagte“ [2]).

Seit Paramelle hat sich die Kunst des Quellenfindens, der Wasserprognose, bedeutend gehoben und man darf derselben, wie Stapff[3]) ausdrücklich betont, nicht mehr mit demselben Skepticismus begegnen, wie beispielsweise den Erdbebenprophezeiungen, zumal sie von verschiedenen Gelehrten physikalisch begründet und ihre geologischen und geotektonischen Grundbedingungen erforscht sind. Die bei ihrer Ausübung in Betracht kommenden geophysikalischen Gesetze sind theoretisch und praktisch festgestellt, u. z. durch Hydrotechniker, welche hier, beim Verfolgen rein praktischer Zwecke, die geophysikalische Wissenschaft mehr gefördert haben, als selbst die Vertreter dieser Wissenschaft. Wer Quellen erbohren oder Brunnen graben will unter Umständen, bei welchen die Kenntnisse und Erfahrungen der gewöhnlichen Brunnenmacher nicht ausreichen, der wende sich an einen tüchtigen Geologen und an einen bewährten Hydrotechniker. Einer allein genügt meistens darum nicht, weil die wenigsten Geologen die hiebei nötige technische Erfahrung besitzen, während wiederum sehr vielen, wir möchten sogar sagen, leider der Mehrzahl der Techniker das Verständnis

[1]) „Der Abbé Paramelle liebt weder die Phrasen noch die Phrasenmacherei . . . Er schneidet alle müßigen Fragen, mit denen man ihn überhäuft, kurz ab. —

Die Nachricht von der Ankunft des Herrn Paramelle ist, besonders in wasserarmen Gegenden, ein Ereignis. Man glaubt einen Gottgesandten, einen zweiten Moses kommen zu sehen und das Volk strömt ihm entgegen. Er wird umringt, untersucht, befragt. Alles das gleitet an ihm ab; seine Blicke weilen mehr auf der Landschaft, dem Boden, den zufälligen Erscheinungen und der Vegetation desselben, als auf den braven Leuten, die ihn umdrängen. Nachdem dieser erste Augenblick vorüber ist, lächelt er wohlwollend und erklärt ihnen von vorn herein, fast überall auf dieselbe Weise, daß er weder ein Heiliger noch ein Zauberer ist.“ (Courrier de la Drôme, vom 27. Nov. 1842.)

[2]) Zeugnis des Herrn Boby de la Chapelle, d. Z. Präfecten des Dep. du Lot, Cahors, am 1. Februar 1841.

[3]) Was kann das Studium der dynamischen Geologie im praktischen Leben nützen, besonders in der Berufsthätigkeit des Bauingenieurs? In: Zeitschrift für prakt. Geologie, Dezember 1893.

für den geologischen Aufbau des Bodens mehr oder weniger fehlt. Darum werden die vereinten Kräfte beider nötig sein, um einen günstigen Erfolg zu erzielen. Daß die Geologie neben ihrer wissenschaftlichen Aufgabe auch eine für das menschliche Leben ungemein praktische Seite besitzt, und daß ihre Ergebnisse in den mannigfachen Unternehmungen menschlichen Fleißes und menschlicher Schaffenskraft sehr viel öfter, als es geschieht, in Anwendung kommen müßten, das wird leider nur allzuhäufig vergessen. Wie viel Geld hätte gespart werden können, welche Menge von Arbeit und Mühe würde nicht vergebens aufgewandt worden sein, wenn man bei so manchen industriellen Unternehmungen, beim Bau von Eisenbahnlinien und von Landstraßen, bei der Wasserversorgung von Städten u. s. f. nicht nur den Techniker allein, sondern auch den Geologen zu Rate gezogen hätte! Und nicht zu den geringsten Aufgaben der praktischen Geologie gehört, wie wir in diesem Buche nun gesehen haben, diejenige, welche von der Lehre von den Quellen und vom Grundwasser handelt. Hier ist noch ein sehr großes Feld ihrer Wirksamkeit vorbehalten. Möchte das doch immer gehörig beherzigt werden!

Beilage Nr. 1.

Von verschiedenen die Ergiebigkeit der Quellen beeinflussenden Umständen.

Über die Art und Weise, die Ergiebigkeit einer Quelle zu berechnen, können wir hier nicht näher berichten und müssen dieserhalb auf die einschlägige technische Litteratur verweisen[1]). Die Umstände, von denen im allgemeinen die größere oder geringere Ergiebigkeit abhängig ist, haben wir im Kapitel 1 dargelegt. Will man also die Erbohrung einer Quelle vornehmen und das mutmaßliche Quantum ihrer Wasserführung im voraus berechnen, so wird man alle diese Umstände in Betracht zu ziehen haben und muß das betreffende Areal zuvor einer eingehenden Untersuchung bez. seiner geologischen Beschaffenheit unterwerfen. Eine solche Aufgabe wird in den allermeisten Fällen von Laien kaum in befriedigender Weise zu lösen sein, und man wird darum nur vernünftig handeln, wenn man zur Vermeidung unnötiger Kosten sich zuvor mit einem Manne der Technik und mit einem solchen der Wissenschaft in Verbindung setzt und deren Ansicht über den Erfolg oder Nichterfolg des projektierten Unternehmens einholt. In manchen Fällen allerdings, bei welchen außergewöhnliche und kompliziertere Verhältnisse nicht vorliegen, genügt ein geschickter Brunnenmacher, zumal ein solcher aus der Umgegend, weil diese Leute oftmals über einen reichen Schatz von Erfahrung gebieten, der manchmal mehr wert ist, als lange theoretische Auseinandersetzungen. Durch geschickte Fassung der Quelle, durch eine temporäre Erniedrigung des Wasserspiegels u. s. f. kann die Ergiebigkeit

---

[1]) Ein älteres, aber dennoch immer noch zu empfehlendes Werk ist: Aigner, Das Wassermaß, prakt. Anleitung zur Bestimmung des Wasserausflusses aus kreisförmigen Öffnungen, 1861.

derselben zuweilen bedeutend vermehrt werden, wobei es allerdings manchmal vorkommt, daß dann der eine oder der andere der Quelläste versiegt. Die zu Ende der sechziger Jahre zu Baden-Baden vorgenommenen Arbeiten, um die Ergiebigkeit der dortigen Thermen zu erhöhen, mögen hier als Beispiel angeführt werden. Mit dem Vortreiben der Schürfungen steigerte sich die Wassermenge, aber die benachbarten Quellen blieben auch nach und nach aus, so daß am Schlusse des besagten Jahres die Judenquelle und die Ungemachquelle, deren schon um 1606 Matthäus Hessus Erwähnung thut, ganz ausgeblieben waren und die berühmte Brühquelle erheblich abgenommen hatte. Aber nichtsdestoweniger ergab eine am 31. Dezember vorgenommene Messung bereits eine um 76.383 Liter größere Wassermenge der gesamten Quellen in 24 Stunden, als diejenige vom 14. Dezember aufwies. Die Arbeiten hatten dauernden Erfolg; stetig nahm die Ergiebigkeit der Thermen zu, so daß deren Ertrag pro 24 Stunden von 693.107 Liter auf 855.792 Liter stieg, während sich gleichzeitig auch die mittlere Temperatur des Thermalwassers um etwas erhöhte[1]).

Naturereignisse gewisser Art, so vulkanische Ausbrüche und Erdbeben, haben bisweilen großen Einfluß auf die größere oder geringere Ergiebigkeit der Quellen, erstere meist nur auf diejenigen in der Umgebung des vulkanischen Herdes, letztere oft auf die Quellen in weiterer Entfernung. Daß beim Herannahen einer vulkanischen Eruption in der Nähe eines Feuerberges die Brunnen sehr oft versiegen, das ist eine über allen Zweifeln stehende Thatsache, so daß man diesen Umstand sogar als einen Vorboten des Ausbruchs ansehen kann. Durch seismische Wirkungen wird die Ergiebigkeit einer Quelle entweder vermindert oder auch verstärkt, oder das Wasser kann auch ganz ausbleiben, die Qualität und die Temperatur[2]) des Wassers werden manchmal auch beeinflußt, u. s. f. Die heftigen Bewegungen in den oberen Teilen der Erdrinde können, wie Hörnes[3]) zur Erklärung dieser Thatsachen sagt, nicht leicht ohne Wirkung auf die in diesen Schichten sich bewegenden Quellläufe bleiben. Bei Anlaß des großen Erdbebens in Lissabon am 1. November 1755 erlitten die Thermalquellen von Teplitz eine Trübung und versiegten nachher auf kurze Zeit, um bald darauf mit intensiv roter, von der Beimengung von Eisenoxyd

---

[1]) Eck, Geolog. Beschreibung der Umgegend von Baden-Baden, u. s. f.

[2]) Siehe darüber in Kapitel 11.

[3]) Erdbebenkunde, pag. 124.

herrührender Färbung mit verstärkter Gewalt hervorzubrechen und einen Teil der Vorstädte des Kurortes zu überschwemmen[1]). Das ebenerwähnte Erdbeben hat überhaupt auf noch manche andere Quellen ähnlichen Einfluß gehabt, allerdings nicht immer am gleichen Tage. Nach Lersch[2]) haben sich die Erschütterungen derselben seismischen Erscheinung, die sich noch bis zum Ende des Jahres 1759 hin und wieder bemerkbar machten, an den Aachener Thermen besonders am 26. Dezember 1755 und am 18. Februar 1756 geäußert. Bei einer der neuerschürften Thermalquellen zu Baden-Baden nahm der Wasserreichtum am 1. November 1869 plötzlich in so großem Maße zu, daß die Annahme nahe lag, dieselbe stehe im Konnexe mit der am gleichen Tage stattgehabten durch das Groß-Gerauer Erdbeben hervorgerufenen seismischen Bewegung, die sogar im großherzogl. Schlosse in Baden-Baden beobachtet werden konnte[3]). Das Erdbeben, das am Weihnachtstage 1884 Andalusien heimsuchte, hat auf viele Quellen in Bezug auf deren Ergiebigkeit Einfluß gehabt, bei manchen auch das Wasser getrübt, die Temperatur und den Mineralgehalt verändert, u. s. f. In Alcaucin, Periana und in Sedella nahm die Wassermenge der dortigen Quellen plötzlich so sehr zu, daß die Leitungsröhren barsten. Die Mineralquelle von Alhama, ein alkalischer Säuerling, wurde in eine Schwefelquelle umgewandelt, unter Zunahme der Wassertemperatur, und gleichzeitig brach eine weitere von Gasausströmungen begleitete mindestens ebenso warme und gehaltreiche Quelle einen Kilometer höher, als die erstere aus[4]). Lersch[5]) bemerkt, daß wenn man den Raum berechne, den die jährlich von einer der stärksten Thermen gespendete Menge Wassers bedurfte, wenn sie im Erdinnern angesammelt war, so erscheine derselbe nicht sonderlich groß. Ein solcher von etwa 33 Meter Länge, Höhe und Breite genügt schon, um 330 000 Kubikmeter Wasser unterzubringen, ein Quantum, das etwa dem jährlichen Ertrag der Thermen von Lavey im Waadtlande entspricht. In einem Hohlraum von 333 Meter nach Länge, Höhe und Breite fände sämtliches während 100 Jahren von den Baden-Badener Thermen gespendetes Wasser Platz.

---

[1]) Hörnes, loc. cit.

[2]) Hydrophysik, pag. 152. Hier viele Angaben über die Beeinflussung der Quellen durch Erdbeben.

[3]) Eck, loc. cit.

[4]) Mission d'Andalousie, pag. 29.

[5]) loc. cit., pag. 115.

Beilage Nr. 2.

Absätze von Kalksintern, Kalktuffen, Kieselsintern u. s. f. durch Quellen.

„Die Absätze von Kalktuffen und Kalksintern", sagt Gustav Bischof, „sind so frequente Erscheinungen, daß es ermüdend sein würde, viele einzelne Lokalitäten anzuführen, wo sie vorkommen [1])", wie denn auch Daubrée ausdrücklich betont, daß es wohl kaum ein natürliches Wasser gebe, welches kein Calcium enthielte [2]). Gewisse Quellen sind sogar ungewöhnlich reich daran, so beispielsweise diejenige von Sainte Allyre bei Clermont in der Auvergne mit 1.37 Gramm Kalkkarbonat im Liter, oder diejenige vom Puy de la Poix mit 2.89 Gramm im gleichen Maße. Nach dem letztgenannten Autor ist die Proportion des im Quellwasser gelösten Kalksulfats noch größer, als diejenige des Kalkkarbonats. Der Brunnen des Mont-Valérien bei Paris enthält 1.03 Gramm der ersteren Substanz pro Liter und die Quellen von Belleville führen sogar 1.10 Gramm davon. Da kalkhaltige Silikate bei Einwirkung von kohlensauerem Wasser auf dieselben ebenfalls Kalkkarbonat liefern [3]), so ist es verständlich, wenn zuweilen kalkabscheidende Quellen in Gegenden auftreten, deren Untergrund nicht aus Kalkgebirgen besteht, ein Punkt, worauf wir übrigens noch zurückkommen werden. Daß die kalkigen Niederschläge teilweise infolge von entweichender Kohlensäure beim Hervortreten des Quellwassers aus dem Erdinnern, oder auch durch das Verdunsten und Erkalten des Wassers (dies besonders bei

---

[1]) Chemische Geologie, I, pag. 545.

[2]) Eaux sousterraines, II, pag. 18.

[3]) Roth, Chemische Geologie, I, pag. 534, u. a. a. O.

kalkabscheidenden Thermen) zum Absatz kommen, teilweise aber auch durch die Vermittelung von pflanzlichen Organismen, das haben wir schon betont (Seite 87). Die Rolle, welche diese letzteren bei dem hier in Frage kommenden Vorgang spielen, ist schon vor einer längeren Reihe von Jahren der Gegenstand einer eingehenden Untersuchung F. Cohns gewesen[1]), nach welcher für die Bildung des Travertino[2]) von Tivoli gewisse Wassermoose (Fissidens crassipes, *Wilson,* Hypnum rusciforme, *Br. et Schimper,* u. s. f.) und Algen die primäre Veranlassung waren und noch sind[3]). In neuerer Zeit nun hat W. H. Weed[4]) in überzeugender Weise gezeigt, von welchem großen Einfluß die Pflanzenthätigkeit u. z. gewisse Algen aus der Abteilung der Confervaceen für die Abscheidung von Kalk und von Kieselsäure aus den ca. 3600 heißen Quellen und den in einer Anzahl von über 100 vorhandenen Geysiren des Yellowstone-National-Park sind. Bei einer Temperatur von 140° F. zeigen sich die Algen in den Quellen in der schönsten Entwickelung, aber auch in solchen von 185° F. kommen noch Algen vor, die sogar noch in Quellen von 200° F. sich gezeigt haben (Plutton Creek, Kalifornien).

Die Mammoth-Hot-Springs im Yellowstone-National-Park durchbrechen kalkige Ablagerungen jurassischen und cretaceischen Alters. Es ist ein Complex von ca. 75 Quellen, deren Temperaturen zwischen 80 und 165° F. schwanken; bei den größeren Quellen beträgt diese jedoch stets mehr als 130° F. An 20 □ miles bedecken die von denselben ausgeschiedenen Sinterabsätze, die bisweilen an 250 Fuß mächtig werden, meist aber viel dünner sind. In den Becken der Quellen und in den Wassertümpeln der von denselben gebildeten Terrassen prangt die Algen-

---

[1]) Über die Entstehung des Travertin in den Wasserfällen von Tivoli. In: Neues Jahrbuch für Mineralogie, u. s. f., 1864, pag. 580 ff.

[2]) Die Bezeichnung „Travertin" ist dann für andere, meist ähnlich entstandene schalig faserige und dichte, poröse, oftmals als Bausteine verwendete Kalkabsätze gebraucht und somit verallgemeinert worden. Die erste gute wissenschaftliche Beschreibung dieses Gesteins verdanken wir L. v. Buch. Vergl. dessen geogn. Beobachtungen auf seiner im Jahre 1799 unternommenen Reise nach Italien, 1809 erschienen, Bd. II, Rom, pag. 21 ff.

[3]) Daß auch in den Karlsbader Thermen Sprudelsinter durch einen Ernährungsprozeß gewisser in diesen Quellen lebender Algen (Oscillarinen) ausgeschieden wird, hatte der genannte Forscher schon einige Jahre früher dargethan. (In den Abhandlgn. der schles. Gesellsch. für vaterl. Kultur- und Naturwissenschaften, 1862, Heft 2, pag. 35 ff.)

[4]) Formation of Travertine and Siliceous Sinter by the Vegetation of Hot Springs. IX. Ann. Rep. U. St. Geol. Survey, 1887—88, Washington 1889. Cf. auch das Referat hierüber von O. Mügge im Neuen Jahrbuch für Mineralogie 2c. 1892, I, pag. 523 ff., und W. H. Weed, On the Formation of Siliceous Sinter by the Vegetation of Thermal Springs, in: Americ. Journ. of Science 1889, XXXVII, pag. 351 ff.

vegetation in den verschiedensten Farben und je nach der Temperatur des Wassers, weshalb sie auch wechselt je nach der Tiefe der Becken und nach der Entfernung von dessen Rand. Die weißen und die roten Algen, die meist von Kalk, stellenweise auch von Schwefel inkrustiert sind, sind die stärksten Bildner des Travertins. Das Wasser der M.-H.-Springs ist ganz besonders klar und durchsichtig; manchen der heißen Quellen entweichen bei ihrem Heraustreten aus der Erde beträchtliche Mengen von Gasen, so besonders von Kohlensäure, von Sauerstoff und von Stickstoff. Ein Geruch nach Schwefel läßt sich dabei nicht verkennen, doch ist der Gehalt des Wassers an Schwefelwasserstoff zu gering, um in den Analysen der Quellen mit aufgeführt werden zu können. Der Gesamtbetrag an mineralischer Substanz in den Wassern der M.-H.-Springs wechselt zwischen 15—17 Teilen in 10000 Teilen Wasser, und etwa $^1/_3$ davon kommt auf das Kalkkarbonat, der Rest auf andere leichtlösliche Salze. In der nebenstehenden Tabelle sind fünf von A. Gooch und J. E. Whitfield für die geologische Landesuntersuchung der Ver. Staaten ausgeführte Analysen typischer Quellwasser der M.-H.-S. mitgeteilt.

Der Gehalt an kohlensaurem Kalk ist viel größer, als der Lösungsfähigkeit nach dem Gehalt an Kohlensäure entspricht (in der Cleopatra-Quelle, der an kohlensaurem Kalke reichsten = 0.6254, also um 0.6498 Teile zu viel), so kann ein Teil desselben nur durch den höheren Druck im Quellkanal und die mitgelösten Alkalisalze in der Lösung gehalten werden. Daher kommt es, daß der Kalkabsatz des Wassers sofort an der Quellenmündung beginnt, woselbst der Druck nachläßt, und zu gleicher Zeit fangen auch die Verdunstung und Abkühlung zu wirken an, wodurch wiederum Kalk niedergeschlagen wird. Gleichzeitig zum Teil, zum Teil auch erst nachher tritt die Thätigkeit der Algen in Kraft, welche den Kalk zunächst in Form einer schleimartigen Masse absondern, die aus häutigen Lagen mit feinen griesigen Teilen dazwischen besteht. Die letzteren gehen durch weiteres Wachstum in deutliche Körner von Kalkspat bis zu 1 Millimeter Größe über. Die verfestigten schleimigen Massen zeigen eine schalige Struktur, aber nur in den jüngeren Ablagerungen, während in den älteren eine solche verloren gegangen ist. Dieselbe ist ein Effekt des Wachstums der Algen, welche auch den Zufluß zu manchen Stellen zeitweilig hemmen oder auch ganz verhindern, dann aber absterben. Durch Verdunstung wächst der Sinter an günstigen Stellen um $^1/_{20}$ bis $^1/_{16}$ amerikanischen

Substanzen:	Cleopatra	Orange	Hot River (136° F.)	Gardiner	Hotel water	Zum Vergleich: Karlsbader Sprudel nach Ragsky.
$Ca\,Cl^2$ . . .	0.0009	—	—	—	—	—
$N\,H^4\,Cl$ . .	0.0019	—	0.0003	—	—	—
$Li\,Cl$	0.0140	0.0097	0.0068	Spur	—	—
$Na\,Cl$ . . .	0.1903	0.1636	0.1855	—	—	1.0306
$K\,Cl$	0.0976	0.1165	0.0882	0.0103	0.0046	—
$K\,Br$	Spur	Spur	—	—	—	—
$Na^2\,S\,O^4$ . .	0.1448	0.1834	0.2265	0.0161	0.0448	2.3721
$K^2\,S\,O^4$ . .	—	—	—	0.0056	0.0015	0.1636
$Mg\,S\,O^4$ . .	0.3645	0.3295	0.3155	—	0.0076	—
$Ca\,S\,O^4$ . .	0.1953	0.2002	0.1450	—	—	—
$Al^2\,(S\,O^4)^3$.	—	—	—	—	—	—
$Na^2\,B^4\,O^7$.	0.0326	—	0.0185	—	—	—
$Na\,As\,O^2$. .	0.0041	—	0.0004	—	—	—
$Ca\,C\,O^3$ . .	0.6254	0.5580	0.4833	0.0625	0.0790	0.2978
$Mg\,C\,O^3$ . .	—	—	—	0.0018	0.0258	0.1240
$Na\,H\,C\,O^3$.	—	—	—	0.0340 (Neutral)	—	1.3619 (Neutral)
$Fe\,C\,O^3$ . .	—	—	—	—	—	0.0028
$Mu\,C\,O^3$ . .	—	—	—	—	—	0.0006
$Al^2\,O^3$ . . .	0.0093	0.0022	0.0097	0.0079	0.0021	0.0004 ($Al^2, (P\,O^4)^2$
$Li\,O^2$	0.0517	0.5020	0.0500	0.0469	0.0355	0.0728
Summa:	1.7315	1.6133	1.5297	0.1851	0.2009	5.4312

Zoll in drei Tagen, und zwar durch Bildung eines regelmäßig abgesetzten Überzuges von kohlensaurem Kalk. Wenn aber die Ausscheidung durch Algenthätigkeit befördert und bewirkt wird, dann entstehen Warzen u. dergl. mehr. Zugleich verlieren die Überzüge dann ihre meist blendend weiße Farbe und werden bräunlich, rötlich, grünlich u. s. f. Die Besucher der M.-H.-Springs benützen die incrustierenden Eigenschaften von deren Gewässer, um allerlei Gegenstände, als Hufeisen, Flaschen, Tannenzapfen u. s. f., davon überziehen zu lassen. Zuerst kommt ein rein weißer und marmorähnlicher Sinter zum Absatz darauf, dessen kleine Kalkspatkryställchen hell im Sonnenscheine erglänzen. Wenn aber die Gegenstände mehrere Tage in direkter Berührung mit dem Wasser gelassen

werden — dieselben werden diesem letzteren an Stellen, woselbst es ständig fließt, so an den Abflußstellen aus den Becken u. s. f. ausgesetzt[1]) —, so verliert sich nach und nach die blendende Weiße des Überzugs und dieser nimmt eine ins Gelbe spielende Färbung an. Dann erscheinen auch hier die schon erwähnten Warzenbildungen, die je nach der Zeit, während welcher die Objekte ausgesetzt werden, an Dimensionen zunehmen, um allmählich die eigentliche Gestalt des überzogenen Gegenstandes immer mehr und mehr zu verhüllen und demselben eine tiefumberbraune Farbe zu verleihen. Durch Behandlung solcher Incrusten mit Salzsäure läßt sich nachweisen, daß diese Veränderungen in der Natur des Überzugs auf Rechnung der Algenthätigkeit gesetzt werden muß. Werden die Objekte jedoch direkt in den Sprudel der Quellbassins gehängt, so zeigt sich auch nach längerer Zeit kein Überzug darauf, augenscheinlich, weil in dem aufsprudelnden Wasser weder durch rein physikalische und chemische Ursachen noch durch Algen Sinter abgeschieden wird. Um den letzteren unter solchen Umständen ihre Thätigkeit zu ermöglichen, dazu bedarf es nämlich ganz bestimmter Gegenstände, worauf dieselben gewissermaßen Fuß fassen können (obtain a foothold), und dazu sind in erster Linie gewisse pflanzliche Dinge, so Fichtenzweige oder Stengel von anderen Pflanzen und Sträuchern tauglich. Werden derartige Objekte ins aufsprudelnde Wasser gelegt, dann überziehen sich dieselben ebenfalls mit kohlensaurem Kalk. Diese Überzüge sind aber von rötlich-brauner Farbe und warzig, also durch die Vermittelung der Algen allein entstanden und gleichen auffallend den um Zweige und Äste sich bildenden Kalkcylindern im Travertino von Tivoli, welche Cohn beschrieben hat[2]).

Die Ablagerungen der M.-H.-Springs überhaupt zeigen einen Wechsel zwischen aus rein chemischen und physikalischen Ursachen gebildeten Kalksintern und solchen durch vegetative Einflüsse entstandenen. Die Zusammensetzung beider Arten von Ablagerungen ist durchaus dieselbe. Wasser und Schwefelwasserstoff bewirken vielfach Umkrystallisationen und Bildung von Schwefel und Gips.

---

1) Fig. 53 der Abhandlung Weeds.

2) Daß kalkabsetzende Gewässer besonders da, wo dieselben in wenig geneigten Thalsohlen in breiten und flachen Betten durch eine Menge kalkgieriger Wasserpflanzen, als Hydrurus crystallophorus, Ranunculus aquaticus, Festuca fluitans, Sparganium natans und Conferva fluviatilis, hindurchschleichen, bisweilen mächtige Lager von Kalktuff absetzen, führt Quenstedt übrigens auch an. (Begleitworte zur geol. Karte von Württemberg, Blatt Blaubeuren, Seite 7.)

Das von den Mammutquellen eingenommene Terrain zählt 52 Quellen, deren berühmteste die Kleopatraquelle ist, und die alten Sinterdecken mitgerechnet bedecken die Absätze einen etwa 8 Quadratkilometer großen Flächenraum, während das von den Quellen eingenommene Terrain etwa 68 Hektare (= 680 000 Quadratmeter) beträgt. Die Quellen haben eine Anzahl von Kalksinterterrassen gebildet; die obersten Quellen liegen etwa 300 Meter über dem Spiegel des Gardiner-Flusses. Man kann im ganzen 14 verschiedene solcher Kalksinterterrassen unterscheiden[1]). Ähnliche Bildungen finden sich auch in Hierapolis in Kleinasien, etwa 190 Kilometer ostsüdöstlich von Smyrna gelegen. Es ist Pambuk-Kalessi, das „Baumwollenschloß", ein breiter, mit weißen terrassenbildenden Sinterkrusten bedeckter Plateauabhang, welcher von der Ferne aus gesehen den Eindruck eines ungeheuren Wasserfalls von 100 Meter Höhe und 4 Kilometer Breite macht. Die Temperatur der Quellen von Hierapolis soll bis auf 80 °C. steigen[2]).

Auf dem Wege von Erzerum nach Trapezunt am Nordfuße des Taurus am Yör-Köprusyfluß hat nach Ely-Smyth eine seitwärts vom Kalkgebirge herabstürzende heiße Quelle eine Tuff- und Stalaktitenbrücke mit einem großen Bogen gebaut, unter welchem der Fluß fortströmt. Die mächtige Tuffbildung beginnt beim Erkalten des Wassers; an der quer über den Fluß sich hinschiebenden Tuffmasse hängen nach unten Tropfsteine, welche sich immer stärker übersenken, endlich abbrechen und die Grundlage zum gegenüberliegenden Brückenkopf bilden. Jetzt ist diese Naturbrücke mit Erde und Vegetation bedeckt. Weiter abwärts ist eine zweite ähnliche Brücke bis zur Hälfte des Flusses erst im Werden[3]).

Daß nicht nur das Wasser gewisser Thermen, dessen Auflösungsfähigkeit durch Druck und erhöhte Temperatur naturgemäß eine viel gesteigertere ist, sondern auch schon dasjenige gewöhnlicher Quellen Kalkabsätze hervorbringen kann, das haben wir schon

---

[1]) Eine schöne Beschreibung derselben findet man in: Toula, Der Yellowstone-National-Park, u. s. f. Vortrag gehalten im Verein zur Verbreitung naturwissensch. Kenntnisse in Wien, am 19. Januar 1887, und ausführlicher in: F. V. Hayden, 12th. Annual Report of the U. States geological and geographical Survey of the Territories for the year 1878. Washington, 1884, 2 Teile.

[2]) Toula, loc. cit.

[3]) J. Roth, Chemische Geologie I, pag. 584, nach: Ritter, Monatsber. d. Gesellschaft für Erdkunde, Berlin, 1840, pag. 87.

weiter oben betont. Wir tragen hier noch nach, daß diese Ausscheidungen aus Quellen von normaler Temperatur denjenigen aus den Thermalwassern in vielen Fällen sicherlich nicht nachstehen. Wir brauchen nur an die Sinterbildungen des Anio bei Tivoli und an ähnliche bekannte Vorkommnisse in den italienischen Bergen zu erinnern, so an die Quellen des Velino und an den Marmore-Wasserfall, u. s. f. [1]).

Kalkabsätze durch Quellen, und zwar aus früheren geologischen Perioden, sind ebenfalls bekannt, so diejenigen des Rocher des Célestins in Vichy, und diejenigen von Cannstatt bei Stuttgart, woselbst heute noch gegen 50 Quellen vorhanden sind, welche etwa 1 Teil kohlensauren Kalkes in 1000 Teilen ihres Wassers gelöst halten und durchschnittlich wohl 100 000 Kilogramm Kalkkarbonat pro Jahr absetzen dürften. Es sind Thermen, denn ihre Temperatur ist = 14.6—16° Réaumur. Sie entspringen der oberen Anhydritgruppe des Muschelkalks. Schon in diluvialer Zeit sind diese Quellen in Thätigkeit gewesen und haben den sogen. Sauerwassertuff zuwegegebracht, eine mächtige Ablagerung von Kalktuff, welche mit dem diluvialen Mammutlehm der dortigen Gegend in innigem Zusammenhang steht und auch die Überreste verschiedener Pflanzen führt, welche heutzutage in Württemberg nicht mehr vorkommen [2]). Auch in der Auvergne sind derartige, einer älteren geologischen Periode, als der gegenwärtigen, angehörige Kalktuffabsätze aus Quellen nachgewiesen worden.

---

[1]) In einer in allerjüngster Zeit erschienenen Arbeit von W. Deecke: Über den Sarno, in: 5. Jahresbericht d. geogr. Gesellschaft zu Greifswald, 1893, pag. 5 ff. berichtet dieser Autor über die beim Orte Sarno am campanischen Gebirgsrande aufsteigenden Quellen wie folgt: Alle Quellen enthalten in Menge kohlensauren Kalk in Lösung, verlieren denselben indes zum größten Teile sehr bald, nachdem sie an den Tag getreten sind. An mehreren Stellen ist ferner zu beobachten, wie überschüssige Kohlensäure, in der Form von größeren und kleineren Blasen, ununterbrochen entweicht, und zwar manchmal so reichlich, daß die sonst ruhig fließenden Wasser in aufwallende Bewegung geraten. Der durch den Kohlensäureverlust des Wassers unlöslich gewordene Kalk schlägt sich um Pflanzenteile nieder und bildet auf diese Weise (südlich von Sarno) ausgedehnte, rasch anwachsende Kalktufflager. Dieselben werden in analoger Weise, wie der Travertino von Tivoli bei Rom, ausgeschnitten, um ein gutes, billiges und leichtes Baumaterial zu gewinnen. Der gebrochene Kalktuff ersetzt sich dann in den von Wasser erfüllten Gruben rasch von selbst.

[2]) Über Cannstatt cf.: bez. der Analysen der Quellen die Arbeiten von Prof. Sigwart in: Jahreshefte d. Vereins für vaterl. Naturkunde in Württemberg, I, 1845, pag. 150, u. a. a. O., ebenso: O. Fraas, in: Das Königreich Württemberg, I, pag. 434, bez. der geologischen Verhältnisse die verschiedenen Arbeiten von O. Fraas über die Geologie Württembergs, dann: Engel, Geognostischer Wegweiser durch Württemberg, auch: Daubrée, Eaux sousterraines, III, pag. 160.

Belgrand[1]) hat gezeigt, daß diejenigen Quellen, deren Wasser an ihrem Ursprungsort 18 Grad (französisch) oder weniger Gesamthärte zeigen, thalabwärts keine Spur ihrer Kalksalze verlieren. Bei einer Gesamthärte von 18—20 Grad fand der Genannte nur unbedeutende Tuffablagerungen vor, während sich die Gewässer von über 21 Härtegraden sofort als stark incrustierend erwiesen und oft in kurzer Zeit engere Leitungsröhren erfüllten und mächtige Tufflager bildeten. In den wenig geneigten Thalsohlen wächst dann der Tuff mächtig an. So erzählt Regelmann[2]), daß die dreizöllige Röhrenfahrt des Galgenbrunnens an der Geislinger Steige im schwäbischen Juragebirge nur 75 Meter lang ist, nichtsdestoweniger aber nach und nach völlig „eingedaucht" (verstopft) wurde. Die eisernen Röhren, welche der Stadt Geislingen die Wasser zuführen, müssen alle 6—8 Jahre mit Salzsäure klystiert werden. Ein Absatz von kohlensaurem Kalk an den Rohrwänden findet nicht statt, wenn die Röhren stets ganz gefüllt sind, weil dann weder die Verdunstung des Wassers, noch das Entweichen der Kohlensäure möglich ist.

Wir kommen nun zurück zu dem schon weiter oben erwähnten Punkte vom Kalkabsatze gewisser Thermen, deren Umgebung und Untergrund nicht aus kalkigen Sedimenten besteht. Ein Beispiel einer derartigen Therme bietet uns der Karlsbader Sprudel in Böhmen, mit 73.1° C. Temperatur, alkalische Glaubersalzquellen mit einem ansehnlichen Gehalt an festen Bestandteilen[3]), so vorwaltend schwefel- und kohlensaurem Natron, Chlornatrium und Kalk- und Eisenkarbonaten, welche letztere zum Niederschlag gelangen und den aus kohlensaurem Kalk in der Modifikation des Aragonit bestehenden, durch Eisenoxydhydrat gewöhnlich gelblich oder braun gefärbten, zuweilen auch gestreiften Sprudelstein bilden. Der weiße Sprudelstein ist nach Berzelius ziemlich frei von Eisenoxydhydrat, enthält dagegen kohlensaures Eisenoxydul. Tritt eine größere Menge Luft zu dem sich bildenden Niederschlage, so muß sich natürlich mehr Eisenoxydhydrat bilden und den Sprudelstein dann braun färben[4]). Der Sprudel, dessen Wassermasse ehemals

---

1) Documents relatifs aux eaux de Paris, II. Mém. pag. 32.

2) Die Quellwasser Württembergs, pag. 175.

3) Cf. die Analyse von Ragsky in der Tabelle, pag. 203.

4) Roth, Chemische Geologie, I, pag 579. Hier auch mehrere Analysen von Sprudelstein, mit Ausnahme einer einzigen, welche nur $53._{20}$% Kalkkarbonat, dagegen aber $19._{35}$% Eisenoxyd und $12._{13}$% Eisenoxydulkarbonat aufweist, alle über 93% Kalkkarbonat

viel größer war, als in der Gegenwart, hat im Laufe der Äonen über der Quellenspalte eine mächtige gewölbartige Decke abgelagert, die Sprudelschale, welche die heutige Fassung der Karlsbader Quellen allseitig ziemlich bedeutend überragt. Ein Teil von Karlsbad ist auf der Sprudelschale erbaut. Die übrigen Thermen Karlsbads setzen zwar Sinter ab, bilden aber keine der Sprudelschale ähnliche Ablagerung. Die Sprudelschale nimmt nach Hochstetter eine Oberfläche von mehr als 200 Wiener Quadratklaftern ein, und gestützt auf von Göttl gemachte Versuche hat der Genannte berechnet, daß der Sprudel pro Tag an 1440 Kilogramm, im Jahre also etwas über 500 000 Kilogramm Sprudelstein niederschlage [1]).

Der Absatz von Sprudelstein in den Öffnungen der Sprudelquellen verstopfte diese letzteren manchmal derartig, daß das Wasser sich einen anderen Ausweg nehmen mußte, bisweilen unter erdbebenartigen Erscheinungen. Derartige Sprudelausbrüche fanden u. a. statt in den Jahren 1713, wobei die Sprudelschale einer Untersuchung unterzogen wurde, 1774, wo die gewöhnlichen Sprudelöffnungen eine Zeit lang gar kein Wasser gaben, am 2. September 1809, hier mit Phänomenen, welche einem Erdbeben glichen und die Leute vor Schrecken aus den Häusern trieben. Die Folge dieses Sprudelausbruchs war die, daß man von da an die Mündungen aller Quellen durchbohrt und nach Bedarf deren Öffnungen erweitert. Später haben noch zuweilen Sprudelausbrüche stattgefunden, jedoch zum Glück nur von minderer Bedeutung [2]).

Die als „Erbsenstein" bekannte oolithische Ausbildung des Karlsbader Sprudelsteines erfolgt dadurch, daß das aufwallende Wasser so lange Sandkörner, Granitbröckchen und andere Fremdkörper in Suspension erhält, bis dieselben durch die allmählich stattfindende Umrindung mit Kalkkarbonat zu groß und zu schwer geworden sind und zu Boden sinken müssen, woselbst die einzelnen erbsenförmigen Kügelchen durch einen weiteren Absatz krystallinisch-faseriger Natur zu einer festen Masse verkittet werden. Auch um Gas- oder Luftbläschen herum kann sich eine solche Oolithbildung

---

ergebend, im Maximum 97 % dieser Substanz. Bibra wies sogar 99.46 % davon im Sprudelstein nach.

1) Berichte der k. k. öst. Akademie d. Wissenschaften, XIV, 1855, pag. 416—421.

2) Nach Fr. Katzer, Geologie von Böhmen, 1892, pag. 303.

vollziehen. Dann findet man beim Aufbrechen so entstandener Erbsen eine Höhlung in deren Innern[1])

Die Karlsbader Thermen, deren Absätzen[2]) wir im Vorstehenden einige Worte gewidmet haben, fließen aus den Spalten einer mächtigen Granitmasse hervor, die von einem System paralleler Spalten durchschnitten wird, welche sich fast unter einem rechten Winkel kreuzen. Da, wo die beiden mächtigsten Spalten im Karlsbader Granite sich kreuzen, da bricht der Sprudel hervor. Es müssen in erster Linie kalkhaltige Silikate sein, deren Auslaugung durch das Thermalwasser das Material zu den Sprudelabsätzen liefert. Ob diese kalkhaltigen Silikate nun Bestandteile der granitischen Gesteine Karlsbads sind, oder ob Basalte, welche in Karlsbads Umgebung den Granit in vielen Gängen durchsetzen, als deren Muttergestein angesehen werden müssen, das ist eine andere Frage, der wir hier nicht näher treten können. Der letzteren Ansicht neigt Gümbel zu, welcher dieselbe in einem Aufsatz dargelegt hat[3]). Dieser Autor stützt seine Annahme auf den Umstand, daß solche von Basaltgängen durchschwärmte Granite auf dem Karlsbader Spaltensysteme, welchem auch die Quellen angehörten, lägen, und sodann auf die Thatsache, daß die dortigen Thermen 50 mal so viel Natriumsalze als Kaliumsalze enthalten, während die Auslaugungsprodukte der Granite etwa 4 % Kalium gegen nur 3 % Natrium enthalten könnten. Das basaltähnliche, an Natronfeldspaten reiche Gestein, welches das Material für das im Thermalwasser von Karlsbad Gelöste hergiebt, soll in der Tiefe dem Granit eingeschaltet sein und durch Kohlensäure und Schwefelwasserstoff, welche dem vulkanischen Herde entstammen, zu Sulfaten und zu Karbonaten zersetzt werden. Auch mögen die Kiesimprägnationen des Granits die Ursache der Ent-

---

[1]) Cf. hierüber besonders: Hochstetter, Berichte der k. k. öst. Akademie der Wissenschaften, XIV, 1885, dann: Roth, Chemische Geologie, I, pag. 581, ferner: Gümbel, Geologie von Bayern, I, pag. 306.

[2]) Wenn die festen Bestandteile, welche die heißen Karlsbader Quellen in fünf Jahrhunderten zu Tage fördern, im Innern der Erde lauter fester Stein, von etwa 2.7 spez. Gew. gewesen wären, so würde nach einer allerdings älteren Berechnung von v. Hoff ein Würfel zu stande kommen, von welchem etwa 14 Stück hinreichen würden, um das Thal, in welchem die alte Stadt Karlsbad liegt, auszufüllen. Eine derartige, das ganze Karlsbader Thal ausfüllende Masse würde demnach die dortigen heißen Quellen 7000 Jahre lang mit festen Bestandteilen versorgen können, aber doch schließlich als eine ganz unbedeutende Aushöhlung oder Blase im Innern der Erde beobachtet werden müssen. (Goldberg, in: Zeitschrift für prakt. Geologie, 1893, pag. 99.)

[3]) Geologische Aphorismen über Karlsbad. (Karlsbader Fremdenblatt, IV. Jahrg., Nr. 32, vom 12. Juli 1884.) Cf. auch hierüber das Referat von A. Stelzner im Neuen Jahrbuch für Mineralogie, u. s. f. 1885, I, pag. 415.

stehung eines Teiles der Schwefelsäure sein. Der Gehalt an Kalk und an Magnesia in den basischen Eruptivgesteinen ist ein ganz beträchtlicher. Fuchs[1]) hat die Zusammensetzung der Laven von 33 verschiedenen Eruptionen untersucht und in denselben einen von 7.2 % [2]) bis 11.5 % [3]) schwankenden Gehalt an Kalk nachgewiesen. Der durchschnittliche Kalkgehalt in diesen Gesteinen entspricht in Prozenten dem Werte 9.38, der durchschnittliche Magnesiagehalt im gleichen Verhältnis demjenigen von 4.13, während das Maximum an Magnesia in den Vesuvlaven etwa 6.01 % [4]), das Minimum dagegen 2.26 % [5]) beträgt. An Eisen (Eisenoxyd und Eisenoxydul zusammengerechnet) entspricht der Durchschnittswert der Zahl 10.94 %, das Maximum derjenigen von 14.01 % [6]), das Minimum derjenigen von 7.87 % [7]). Ähnliche Gehaltsproportionen weisen die basaltischen Gesteine und ihre Verwandten auf, und der Normalbasalt Bunsens enthält 11.87 % Kalk und 6.89 % Magnesia[8]). Die in einer 1 Meter starken Kalksteinschicht enthaltene Menge Calciums ist gleich der Menge dieses Elements, welche in einer Schicht (sit venia verbo) Normalbasalt von 4.338 Meter Dicke vorhanden ist[9]).

Aus den im Vorhergehenden angeführten Daten ist es denn wohl erklärlich, wieso denn auch in massigen Gesteinen entspringende Quellen Kalkabsätze auszuscheiden vermögen[10]). Als weitere Beispiele hiefür seien noch die kalkabscheidenden Quellen des Vivarais und der Auvergne angeführt, darunter in erster Linie diejenige von St. Nectaire. Auch die Kalkkarbonat führenden Mineralquellen in der Umgebung des Laacher Sees entnehmen diese Substanz nicht den Kalksteinformationen, sondern den mehr oder weniger zersetzten basaltischen Gesteinen, z. T. allerdings wohl auch in Auslaugung begriffenen Thonschiefern und Grauwacken[11]). Auch in früheren

---

[1]) Die Laven des Vesuv. III, Schluß, in: Neues Jahrbuch für Mineralogie, u. s. f. 1869, pag. 177 ff.

[2]) Eruption von 1779.

[3]) Eruption von 1865.

[4]) Eruption von 1834.

[5]) Eruption von 1760.

[6]) Eruption von 1767.

[7]) Eruption von 1731.

[8]) Siehe hier die älteren Arbeiten von Struve in: Lersch, Einleitung in die Mineralquellenlehre, pag. 147—148.

[9]) Daubrée, Eaux sousterraines, pag. 541.

[10]) Durch Sandberger (Geolog. Beschreibung der Gegend von Baden, 1861) ist bez. des Kalksulfats und des Chlornatriums in den Badener Thermen der Nachweis erbracht worden, daß diese Stoffe aus dem dort anstehenden Granit stammen müssen.

[11]) Lersch, loc. cit., pag. 148.

Perioden hat es an kalkabscheidenden, aber in eruptiven Gesteinen entspringenden Quellen sicherlich nicht gefehlt. In der Auvergne sind Travertinbildungen in einer granitischen Mulde abgesetzt worden, noch ehe die basaltischen Gesteine der dortigen Gegend zur Eruption gelangt waren[1]). Auf Spalten und Verwerfungen, welche dem menschlichen Auge manchmal verborgen bleiben, brachten die Gewässer die genannten und noch andere Substanzen[2]), die sie tief im Erdinnern in überhitztem Zustande gelöst haben, herauf an die Oberfläche unseres Planeten, und so, wie es heute noch ist, so war es schon in früheren geologischen Perioden. Quellabsätze haben sich in größerem oder in geringerem Maßstabe direkt am Aufbau mancher geschichteten Gesteine beteiligt, teilweise ganz direkt, teilweise aber wenigstens so, daß die unterirdisch zirkulierenden Gewässer dem an der Erdoberfläche absetzenden Wasser Gesteinsmaterial zugeführt haben. Durch seinen unausgesetzten, bis in die großen Tiefen der Erde eindringenden Kreislauf und durch seine der Hauptsache nach chemische Arbeit äußert das Wasser so eine Art Lebensthätigkeit, die sich in der Erdkruste während aller Zeitalter unseres Planeten erhalten hat[3]).

Kieselsinterbildung wird in der Umgebung heißer Quellen bewirkt durch fünf Ursachen, so durch Verminderung des auf der Wassersäule lastenden Drucks bei ihrem Hervortreten in Quellenform, durch Abkühlung des Wassers, durch chemische Reaktion, durch Verdunstung, endlich durch pflanzliches Leben. Auf die beiden erstgenannten Umstände dürften eine Reihe von Kieselsinterabsätzen gewisser Quellen des Norris Basin im Yellowstone-Gebiet zurückzuführen sein[4]), woselbst auch an Kieselsäure besonders reiche

---

1) Daubrée, Eaux sousterraines, pag. 356.

2) Auch Dolomitabsätze aus Quellen sind bekannt. In den Absätzen der Thermen, welche Kalk- und Magnesiakarbonat enthalten, findet sich letzteres meist nur in geringer Menge, da es bei Gegenwart fremder Salze noch löslicher ist, als in kohlensauerem Wasser, aber Dolomit wird aus ihnen niemals angegeben. Doch kann sich auch aus Süßwasser bei gewöhnlicher Temperatur Dolomit absetzen, wie z. B. die Quelle in Neesham an der Nordseite des Tees zeigt. Cf. hier: Roth, Chemische Geologie, I, pag. 541.

3) Daubrée, loc. cit., pag. 394.

4) Cf. hier die schon weiter oben citierte Arbeit von Weed: On the Formation of Siliceous Sinter by the Vegetation of Thermal Springs, in: Americ. Journal of Science, 37, 1889, pag. 351 ff.

Gewässer dem Erdboden entquellen. Ein Beispiel für durch Verdunstung bewirkte Kieselsinterbildungen liefert das Geysirvorkommen auf Island nach Bunsen[1]) und anderen Gelehrten, welche dasselbe untersucht haben. Hier, wie bei den Absätzen infolge der beiden ersterwähnten Ursachen und infolge der chemischen Reaktion wird die Kieselsäure ausgeschieden aus dem über größere Flächen ausgebreiteten Wasser in bald lockeren, zerreiblichen, bald festen, dichten, später selbst chalcedonartigen Massen als Kieselsäurehydrat, als Kieselsinter und Kieseltuff, bisweilen als Opal, welche etwaige Pflanzenreste erst überrinden und endlich verkieseln. Vermöge ihrer Bildungsweise, Überrieselung des schon Abgesetzten, haben die Kieselsinter oft eine wellige Oberfläche und deutliche Schichtung[2]). Ganz charakteristisch für die Geysire Islands ist das gänzliche Fehlen des kohlensauren Kalkes in ihren Absätzen, ebenso der Eisenverbindungen mit Ausnahme von etwas suspendiertem Eisenoxydhydrat. Die in den Kieselquellen neben dem überwiegenden kohlensauren und salzsauren Natron enthaltenen Sulfate von Kali, Natron, Kalk, Magnesia bleiben, als viel leichter löslich, fast völlig nach dem Absatz von Kieselsäure in Lösung.

Die pflanzliche Thätigkeit beim Absatz von Kieselsinter aus heißen Quellen fällt auch hier wieder gewissen Algen zu, so den Gattungen Leptothrix, Mastigonema u. a. Wie durch W. H. Weed in seinen hier schon mehrfach angezogenen Arbeiten über die heißen Quellen des Yellowstone-Park dargethan wurde, scheiden die erwähnten Algenformen kieselige Filamente aus und bilden nach ihrem Absterben eine gallertartige Masse, welche Wasser abgiebt, allmählich erhärtet und schließlich zu einem typischen Sinter wird. Eine derartige Gallerte, an der Sonne getrocknet, ergab auf 100 Teile etwa 94 % Kieselsäure, 3—4 % Wasser und 1—2 % organischer Substanz, was der Zusammensetzung eines sehr reinen Sinters entspricht. Etwa auf $^1/_3$ ihres ursprünglichen Volumens zieht sich diese schleimige Gallerte beim Eintrocknen zusammen. Verschiedene Algenarten weisen bezüglich der von ihnen erzeugten Sinterbildungen große Verschiedenheiten auf. Weed berichtet, daß beispielsweise eine Art von Leptothrix dicke säulen- und vasenförmige Gebilde hervorbringt, welche genauer betrachtet aus unzähligen dünnen Schichten bestehen, deren jede wiederum einer Algenschicht entspricht.

---

[1]) Annalen für Chemie und Pharmacie, 1847, 62, pag. 25.

[2]) Roth, Chemische Geologie, I, pag. 591.

Wenn die für ihr Wachstum nötigen Bedingungen besonders günstige sind, so baut sie durch Verdickung der Pfeiler vollkommen zusammenhängende Becken auf, wodurch dann Sinterterrassen zur Entstehung kommen. Die Sinterbildungen von Leptothrix ochraea gleichen geflochtenem Stroh, diejenigen von Calothrix grysophila und von Mastigonema thermale dünnen über einander gehäuften Lagen, deren jede aussieht wie ein dicker, kurzer weißer Pelz. Gewisse Formen von Calothrix und von Leptothrix scheiden die Kieselsäure nicht in der Gestalt von schleimiger Masse, sondern als faserigen Sinter aus. Dieser letztere wächst aber sehr viel langsamer, als der schleimig abgeschiedene, so etwa $^1/_{20}$ amerikanische Zoll im Jahr gegenüber 1.2 amerik. Zoll in 37 Tagen, immerhin aber noch rasch im Vergleich mit der durch Verdunstung abgeschiedenen Kieselsäurenmenge, die = 0.001 amerik. Zoll im Jahre beträgt[1]).

Noch bei einer Temperatur von 185° Fahrenheit, also 13° unter dem Siedepunkt des Wassers an der betreffenden Stelle, sind Kieselsäure abscheidende Algen von Weed beobachtet worden. Auch sie bedingen hauptsächlich die schönen Farben der heißen Quellen und der Geysirsümpfe.

In den abgekühlten Gewässern der heißen Quellen im Yellowstone-Park kommt ein leuchtend grünes Moos (Hypnum aduncun, var. gracilescens, *Br. et Schpr.)* vor, welches ebenfalls Sinterabscheidungen zu bewirken im stande ist, wie der genannte Weed berichtet.

Was die Zusammensetzung dieser amerikanischen Kieselsinter betrifft, so waltet darin die amorphe Kieselsäure sehr stark vor. Wasser ist bis 7 % darin enthalten, Thonerde bis 6.5 %, Kalk bis 1.7 %, und bis 2.6 % Natron; daneben finden sich Spuren von Kali, Chlor, Schwefelsäure, Magnesia, Eisen, von organischer Substanz u. s. f. Die durch die Vermittelung der Pflanzen abgesetzten Sinter sind an Thonerde, an Alkali und an Wasser ärmer, als die durch Verdunstung entstandenen. Analoge Verhältnisse, wie diejenigen von Weed aus dem Yellowstone-Gebiet geschilderten, weisen auch die kieselabsetzenden Quellen Neuseelands auf.

---

1) Die durch die Algen ausgeschiedenen Kieselmassen treten unter dem Mikroskop als den Algenzellen entsprechende Kügelchen heraus, die in einer Matrix von amorpher Kieselsäure liegen, während die lediglich durch die Verdunstung entstandenen Sinterbildungen hier einfach glasig, z. T. auch perlförmig erscheinen.

J. Roth[1]) bemerkt, daß die kieselabscheidenden Quellen im Vergleich mit anderen heißen Quellen nur wenige feste Bestandteile, u. z. 2.7 Teile in 1000 Teilen im Maximum, enthalten. Jedoch reicht die geringe Menge Kieselsäure, welche in der an Kieselsäure ärmsten derartigen Quelle, in der Te tarata auf Neuseeland, vorhanden ist, u. z. nach Melchior 0.164, und welche nicht mehr beträgt, als die in dem 29° warmen Natronsäuerling des Cäsarbades von Royat in der Auvergne vorhandene Menge dieser Substanz, noch hin, um beträchtliche Absätze zu bilden. Diese genannte Sprudelquelle hat ein, wie Toula betont, geradezu einzig auf Erden dastehendes Phänomen hervorgebracht, welches die größte formale Ähnlichkeit mit den Mammutquellen besitzt, nur daß beim ersteren die Absätze aus Kieselsäure bestehen, und nicht, wie bei den letzteren, aus kohlensaurem Kalk. Es waren die Kieselsinterterrassen am Nordostende des Rotomahana-Sees, und zwar nahe dessen Ausflusse nach dem Tarawerasee hin, welche beim Ausbruch des Tarawera am 10. Juni 1886 vernichtet worden sind. Der erste europäische Reisende, welcher dieses Weltwunder genauer untersuchen und schildern durfte, war der berühmte Geologe auf der Erdumsegelung der österreichischen Fregatte Novara, Ferdinand von Hochstetter, in dessen Reisebeschreibung Näheres darüber zu finden ist[2]).

Der aus Sintern und aus verkieselten Pflanzenresten aufgebaute flachgewölbte Kegel des großen Geysirs auf der Insel Island hat nach Preyer und Zirkel[3]) 30 Fuß Höhe bei etwa 200 Fuß Durchmesser, und nach Sartorius von Waltershausen[4]) hat dessen Quellensystem eine Fläche von 1000 Meter Länge und Breite mit Kieselabsätzen bedeckt. Die Geysire des Yellowstone-Gebiets haben sich korb-, kuppel-, schornstein-, amboßförmige und noch anders gestaltete Sinterhügel aufgebaut, so z. B. der Castle-Geysir einen von 13 Meter Höhe und von 140 Ar Flächenausdehnung. Dessen Gestalt erinnert lebhaft an den Turm eines Monitor-Panzerschiffs.

---

[1]) Chemische Geologie, I, pag. 593 ff.

[2]) Bez. des Ausbruchs der Tarawera in der Nacht vom 9. zum 10. Juni 1886 vergleiche die Mitteilungen von G. vom Rath im Neuen Jahrbuch für Mineral. Geologie u. s. f. 1886, II, pag. 101 ff. und von Justus Roth: „Über einen vulkanischen Ausbruch in Nord-Neuseeland“, in: Sitzgsber. d. k. k. preuß. Akad. d. Wissensch. vom 21. Oktober 1886.

[3]) Reise nach Island, 1862, pag. 240.

[4]) Physisch-geogr. Skizze von Island, 1847, pag. 134.

Über die Absätze von Eisenoxydhydrat durch die Quellen siehe bei J. Roth, Chemische Geologie, I, pag. 597 ff., und bei Daubrée, Eaux sousterraines, II, pag. 125 ff.[1]). Das Eisenoxydhydrat setzt sich ab aus dem kohlensauren Eisenoxydul und den organischsauren Eisensalzen der Quellwasser, teils durch Oxydation des Eisenkarbonats durch den Sauerstoff der Luft, teils auch, bei Säuerlingen, durch Verlust eines Teiles der Kohlensäure beim Heraustreten der Quellen an die Erdoberfläche. Kommt bei derartigen Eisensäuerlingen die oxydierende Wirkung der Atmosphäre nicht zur Geltung, so kann auch Eisenkarbonat niedergeschlagen werden, wie Bischof[2]) erwähnt. Beim Erschürfen einer Mineralquelle im Brohlthal fand dieser Gelehrte in 9 Fuß Tiefe Sphärosiderit, der aus 77.3 % kohlensauren Eisenoxyduls, 2.6 % kohlensauren Kalks und erdigen Gemengteilen, zerriebenem Traß bestand. Die Bildung des Raseneisenerzes gehört gewissermaßen auch hierher. Wir verweisen bezüglich derselben auf die weiter oben citierten Werke von Daubrée und J. Roth. Über die Rolle, welche die Eisenbacterien und Pflanzen sonst bei der Bildung der Raseneisenerze spielen, wie überhaupt bei der Ausscheidung von Eisen aus eisenhaltigen Wassern, vergleiche insbesondere die Abhandlungen von Winogradsky[3]), F. Cohn[4]), W. Zopf[5]), H. de Vries[6]), Molisch[7]) und anderen.

Es ist leider nicht möglich, hier auf weitere Absätze und Ausscheidungen von Quellen näher einzugehen. Nur noch eines Curiosums in dieser Beziehung sei zum Schluß Erwähnung gethan, welches einen an den Gewölben der Hauptquelle zu Baden-Baden sich findenden Absatz betrifft. Diese Gewölbe kommen nur mit dem Dampf der Therme in Berührung, und der Absatz bildet eine schwarze, kompakte Masse von 1 cm Dicke, die nach vorgenommener chemischer Prüfung aus reinem Kohlenstoff besteht. Dieselbe soll nach Ruef[8]) ihre Ent-

---

1) Cf. auch Bischof, Chemische Geologie, I, pag. 548 ff.

2) loc. cit., pag. 550.

3) Über Eisenbacterien. In: Botan. Zeitung, 1888, pag. 261.

4) Über den Brunnenfaden (Crenothrix polyspora etc.). In: Beiträge zur Biologie der Pflanzen, I, 1. Heft, pag. 108.

5) Entwickelungsgeschichtliche Untersuchung über Crenothrix polyspora, die Ursache der Berliner Wasserkalamität. Berlin 1879.

6) Die Pflanzen und Tiere in den dunklen Räumen der Rotterdamer Wasserleitung. Jena, 1890.

7) Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen. Jena, 1892.

8) Die heißen Quellen von Baden-Baden, die Molkenkur, u. s. f. 2. Aufl., 1863. Siehe auch: H. Eck, Geognostische Beschreibung der Gegend von Baden-Baden, Rothenfels, u. s. f. In: Abhandlungen der k. preuß. geol. Landesanstalt, Neue Folge Nr. 6, 1892, pag. 629—630.

stehung der Zersetzung eines flüchtigen Prinzips verdanken, das der Dampf mit sich führt, und das sich an den Wandungen ansetzt. Ob Kohlenhydrogen oder eine andere gasförmige Verbindung von Carbon, das ist nach dem Genannten nicht gewiß; auf jeden Fall scheint die Verbindung einen Überschuß an letzterem zu enthalten, was die Masse von Absatz beweist[1]).

---

[1]) Über Absätze von Schwefel siehe die Arbeiten von Phillips über den Sulphurbank Kaliforniens (Phil. Mag. XIV, pag. 401), von Rolland (Ann. d. minér. série 7, XIV, pag. 384 ff.) von Conte und Rissing (Americ. Journ., 3. série, XXIV, pag. 28 ff.) über das genannte Vorkommen, dann in Lersch, Einleitung in die Mineralquellenlehre, pag. 173 ff., ältere Mitteilungen über Schwefelabsätze durch Quellen, u. s. f.

Beilage Nr. 3.

Etwas über die Methode zur Bestimmung der Härte des Wassers.

Dem Professor der Chemie an der Universität Aberdeen, Dr. Thomas Clark, verdanken wir ein Verfahren, vermittelst einer titrierten alkoholischen Seifenlösung den Gehalt des Wassers an Erdsalzen, soweit solche nicht Alkalisalze sind, mit anderen Worten dessen Härte zu bestimmen [1]). Reines oder weiches Wasser wird schon bei einem nur geringen Zusatz an Seife durch Schütteln schaumig, hartes Wasser dagegen muß erst mit großen Mengen von Seife versetzt werden, ehe dasselbe Schaum bildet, und viel Seife geht dabei nutzlos verloren. Den Hausfrauen ist dies ein wohlbekannter Umstand, weshalb mit Vorliebe, wenn angängig, Regenwasser zur Veranstaltung von Wäschen benutzt wird. Die das Wasser hart machenden mineralischen Bestandteile setzen sich beim Zusammentreffen mit den fettsauren Verbindungen des Kalis und des Natrons, mit der Seife um, indem das Alkali an die stärkeren Säuren gebunden wird, welche mit dem gelösten Salze in Verbindung waren, soweit diese letzteren selbst nicht zu den Alkalien gehören, und indem die Fettsäure an die härtenden Stoffe übergeht. So lange nun, als solche das Wasser härtende Erdsalze in Lösung sein werden, müssen sich unlösliche und unwirksame Erdseifen bilden, eben so lange wird die Seife zerstört und Schaumbildung verhindert werden. Wenn aber erst diese erdigen

---

[1]) Repertory of Patent-Inventions for 1841, London, pag. 225. Ein deutscher Auszug hiervon in Dinglers Polytechn. Journal 1842, pag. 193.

A new process for purifying the waters supplied to the metropolis by the existing water companies. London 1849.

Note on the examination of water for towns for its hardness, &c. London 1847.

Substanzen durch die erforderliche Seifenmenge neutralisiert sind, dann muß der Schaum erscheinen, weil sich das Wasser dann wie weiches verhalten wird.

Zu der zersetzten Seifenmenge hat man also einen Maßstab zur Beurteilung der im zu analysierenden Wasser vorhandenen Mineralsubstanzen. Die Clarksche titrierte Seifenlösung ist gegen die kohlensauren und die schwefelsauren Verbindungen von Kalk und Magnesia, gegen Chlorcalcium, Chlormagnesium und Kohlensäure, also gegen diejenigen Stoffe, welche die für die praktische Verwendung des Wassers in erster Linie in Betracht kommenden sind, ein sehr empfindliches Reagens. Damit hat der englische Chemiker ein sehr wichtiges Hilfsmittel zur Erkenntnis des Wertes der verschiedenen Wasser geliefert, das sich rasch eingebürgert hat und von den Franzosen Boutron und Boudet[1]), in Deutschland von J. Moser[2]) und H. Trommsdorff[3]) ergänzt und vervollständigt wurde.

Den Gang der Untersuchung geben wir im Folgenden, nach den Darstellungen von Professor J. König in Münster i. W.[4])

Bestimmung der Gesamthärte.

Man stellt zuerst die zu benutzende Seifenlösung her, und stellt dieselbe am besten ein auf eine bestimmte Gipslösung[5]). Dazu bereitet man eine solche, welche bei genau 14° C. oder auch bei genau 20° C. gesättigt ist. Im ersteren Falle nimmt man 145 ccm davon, im letzteren nur 142 ccm und füllt diese mit destilliertem Wasser auf 1 Liter auf. 100 ccm dieser Lösung enthalten genau so viel Gips, als 0.012 Gramm Kalk = 12 Härtegraden entsprechen. Die Seifenlösung muß so dargestellt werden, daß genau 45 ccm derselben 100 ccm der genannten Gipslösung, also 12 Härtegraden entsprechen. Dieselbe wird folgendermaßen zubereitet:

Man nimmt 150 Gramm Bleipflaster und erweicht diese auf dem Wasserbade, um sie dann mit 40 Gramm Kaliumcarbonat zu

---

1) Hydrotimétrie (Wasserwertmessung). Nouvelle méthode pour déterminer les proportions des matières minérales en dissolution dans les eaux de sources et de rivières. Paris. IV. Aufl. 1866.

2) Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien, mathem.-naturw. Klasse, 1850, 4. Bd. pag. 484 ff.

3) Die Statistik des Wassers und der Gewässer, ihre Wichtigkeit und bisherige Vernachlässigung, u. s. f. Erfurt, 1869.

4) Die Untersuchung landwirtschaftlich und gewerblich wichtiger Stoffe. Praktisches Handbuch. Berlin, bei P. Parey, 1891, pag. 577 ff.

5) Statt der von v. Kochenhausen vorgeschlagenen Gipslösung kann man auch die von Clark angewandte Chlorbariumlösung verwenden. (0.523 gr reines trockenes Chlorbarium werden in destilliertem Wasser gelöst und bis zu 1 Liter aufgefüllt.)

zerreiben, bis eine völlig gleichförmige Masse entstanden ist, die mit starkem Alkohol ausgezogen wird, worauf man absetzen läßt und dann filtriert. Hierauf destilliert man den Alkohol aus dem Filtrat ab und trocknet die zurückgebliebene Seife im Wasserbade. Für die Titerstellung löst man 20 Gramm dieser Seife in 1000 Teilen verdünnten Alkohols von 56 Vol.-Proz. 100 ccm des zu untersuchenden Wassers, oder nur 10 ccm, wenn dasselbe voraussichtlich sehr hart ist, werden in ein 200 ccm fassendes Stöpselglas eingebracht. Hat man nur 10 ccm Wasser genommen, so muß man bis zur Marke 100 ccm mit destilliertem Wasser auffüllen. Zu diesen 100 ccm giebt man anfangs reichlich, später nur 1 ccm oder $^1/_2$ ccm, zuletzt nur noch tropfenweise der Seifenlösung zu, bis daß nach kräftigem von oben nach unten erfolgendem Schütteln des Glases ein dichter zarter Schaum entsteht, welcher sich, ohne wieder zusammenzusinken, mindestens fünf Minuten lang wesentlich unverändert auf der Oberfläche der Flüssigkeit hält. Der Verbrauch an Seifenlösung soll 45 ccm nicht übersteigen und sich annähernd bei dieser Zahl halten. Hat man daher zur Verdünnung eines als hart vermuteten Wassers weniger Seifenlösung verbraucht, so nimmt man, nach diesem Vorversuch, statt 10 ccm etwa 20, 25 oder 50 ccm Wasser und verdünnt dieselben mit der entsprechenden Menge destillierten Wassers auf 100 ccm, so daß annähernd 45 ccm Seifenlösung verbraucht werden. Die Anzahl der Kubikcentimeter Seifenlösung werden sodann mit dem Verdünnungsfaktor multipliziert und die entsprechenden Härtegrade aus der umstehenden Tabelle gesucht.

Man kann die Härtegrade auch aus dem gefundenen Kalk- und Magnesiagehalt berechnen, indem man die Magnesia durch Multiplikation mit 1.4 auf den Kalkwert umrechnet, zu dem Kalkgehalt addiert und jeden Teil Gesamt-Kalk pro 10 000 Teile Wasser oder 1 mg pro 100 ccm Wasser = 1 Härtegrad setzt; oder, was dasselbe ist, indem man die pro Liter gefundenen mg durch 10 dividiert; z. B. sind gefunden 121.4 mg Kalk und 7.8 mg Magnesia pro Liter, so betragen die Härtegrade des Wassers

$$\frac{121.4 + (7.8 \times 1.4)}{10} = \frac{123.3}{10} = 13.2 \text{ Grad.}$$

Bestimmung der bleibenden oder permanenten Härte.

300 oder 500 ccm werden in einem geräumigen Kolben mindestens eine halbe Stunde lang im Sieden erhalten, wobei

das verdampfende Wasser öfters durch destilliertes ersetzt wird. Nach dem Erkalten bringt man das gekochte Wasser in einen 300 oder 500 ccm fassenden Meßkolben, füllt mit destilliertem Wasser bis zur Marke auf, schüttelt gehörig um und filtriert durch ein trockenes Faltenfilter. 100 ccm des Filtrates (bez. 50 ccm zu 100 ccm verdünnt) titriert man wie oben mit der Seifenlösung.

Die in der nachstehenden Tabelle angegebenen Härtegrade sind deutsche und geben ebensoviel Teile Calciumoxyd in 100 000 Teilen Wasser an. In Frankreich versteht man unter Härtegraden Einheiten Calciumcarbonat in 100 000 Teilen Wasser; die französischen Härtegrade lassen sich durch Multiplikation mit 0.56 in deutsche umrechnen.

Ccm Seifenlösung	Härtegrade	Differenz	Ccm Seifenlösung	Härtegrade	Differenz
1.4	0	—	24	5.87	0.27
2	0.15	0.15	25	6.15	0.28
3	0.40	0.25	26	6.43	0.28
4	0.65	0.25	27	6.71	0.28
5	0.90	0.25	28	6.99	0.28
6	1.15	0.25	29	7.27	0.28
7	1.40	0.25	30	7.55	0.28
8	1.65	0.25	31	7.83	0.28
9	1.90	0.26	32	8.12	0.29
10	2.16	0.26	33	8.41	0.29
11	2.42	0.26	34	8.70	0.29
12	2.68	0.26	35	8.99	0.29
13	2.94	0.26	36	9.28	0.29
14	3.20	0.26	37	9.57	0.29
15	3.46	0.26	38	9.87	0.30
16	3.72	0.26	39	10.17	0.30
17	3.98	0.27	40	10.47	0.30
18	4.25	0.27	41	10.77	0.30
19	4.52	0.27	42	11.07	0.30
20	4.79	0.27	43	11.38	0.31
21	5.06	0.27	44	11.69	0.31
22	5.33	0.27	45	12.00	0.31
23	5.60	0.27			

Über den genauen Gang einer vollständigen Wasseranalyse auf chemischem Wege siehe in dem erwähnten Werke von König und in: Fresenius, Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse. 15. Auflage. 1886, Braunschweig bei Vieweg u. Sohn, pag. 416 ff.

Druck von J. J. Weber in Leipzig.

A.D. 1834

von 42 an [illegible]
45.

Haas, Hippolyt,

Quellenkunde Lehre von der Bildung und vom Vorkommen der Quellen und des Grundwassers

Leipzig 1895